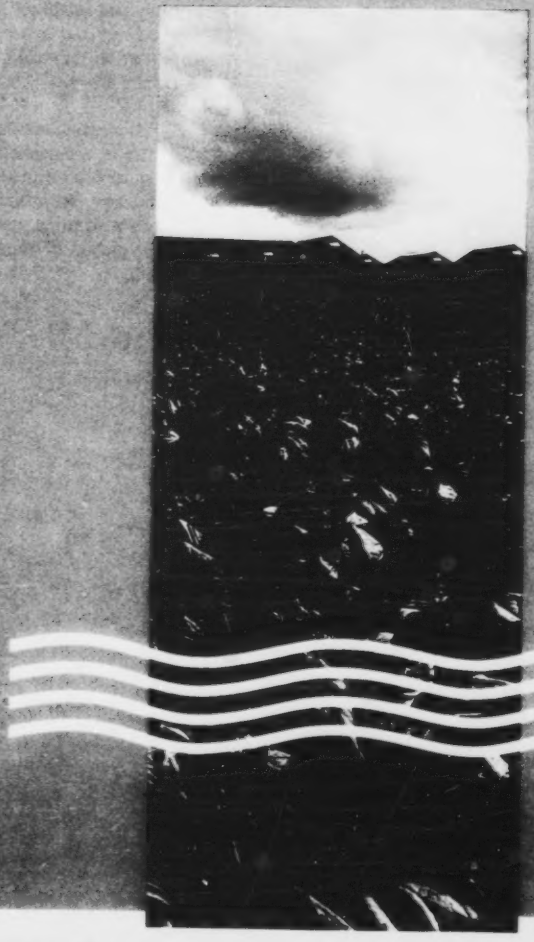
Agriculture Canada

Publication 1312/E

Curing Flue-Cured Tobacco in Canada



89-01300/

PUBLICATION 1312/E, available from
Communications Branch, Agriculture Canada,
Ottawa K1A 0C7

©Minister of Supply and Services Canada 1987
Cat. No. A53-1312/1987E ISBN: 0-662-15743-5
Printed 1971 Revised 1987 3.5M–11:87

Également disponible en français sous le titre
Le séchage du tabac jaune au Canada.

CONTENTS

How to obtain good cures, 4

Introduction, 5

Crop production, 5
- Seedling culture, 5
- Establishment in the field, 6
- Nitrogen fertility, 6
- Irrigation, 6
- Topping, 7
- Ripening agents, 7

Preparing leaves for curing, 8
- Harvesting, 8
- Tying, bulking, kiln loading, 9

Curing facilities and equipment, 11
- Kilns and curing systems, 11
- Measurement of temperature and relative humidity, 14
- Conservation of energy, 16

The curing process, 17
- Fundamentals in curing, 17
- Conventional curing procedures, 18
- Curing under special conditions, 29
- Effects of improper curing procedure, 31
- Diseases in curing, 34

Casing, 36

HOW TO OBTAIN GOOD CURES

- Use strong, tough seedlings with good root systems that survive well in the field and produce uniform, early ripening crops.
- Control disease, insect, and nematode damage that leads to nonuniform growth or to age differences among plants resulting from extensive replanting requirements.
- Equalize fertility levels of fields by using fertilizer and manuring practices in low-fertility areas that are different from those used in high-fertility areas.
- Establish direct nitrogen additions to tobacco, indirect nitrogen additions to the cereal in rotation, and straw incorporation techniques that maintain the green color until the leaves are sufficiently aged.
- Apply irrigation water in amounts and at times required.
- Top as early as possible, to a height of not more than 17 or 18 leaves.
- Harvest two or three lug, cutter, and middle leaves from each plant, but retain seven or eight tip and undertip leaves for the two final primings.
- Avoid harvesting during wet weather or within 2–3 days of substantial rainfall or irrigation.
- Harvest leaves showing evidence of both color and age maturity.
- Handle leaves carefully to avoid damage and bruising.
- Vary the number of leaves per lath or the weight of leaves per bulk rack or container according to priming, size of leaf, ripeness, and weather conditions, but aim for uniformity in these aspects among laths, racks, or containers of a kiln load.
- Provide tightly constructed and well-insulated kilns.
- Monitor temperature and relative humidity in the inlet air side (above tobacco in downdraft, below in bulk) throughout each cure using a wet- and dry-bulb hygrometer, thermistors, or electronic temperature sensors.
- Keep kilns in good repair and curing systems and controls in good operating condition.
- Maintain a curing environment and an airflow that permit optimum yellowing, color fixing, and final drying at least cost with minimum incidence of curing diseases.
- Avoid overcasing the cured tobacco.

Curing Flue-Cured Tobacco in Canada

E. K. WALKER[1] and D. A. STIER[2]
RESEARCH STATION
DELHI, ONTARIO

INTRODUCTION

The curability and final cured quality of flue-cured tobacco leaves are determined more by characteristics of the crop, harvesting and loading procedures, weather conditions, and curing facilities than by curing procedure. Leaves that have the potential to be cured to a high quality can be readily spoiled by an improper curing procedure, but low-quality leaves will remain so even with proper curing. Conditions that interfere with correct and uniform airflow or maintenance of environment, such as excess moisture on leaves, unequal or heavy kiln loads, and poorly insulated kilns, interfere with the ability of the operator to impose desirable environmental conditions. Furthermore, harvested leaves must be fully ripe both in age and in color to attain optimum color development in the cured product. Harvested leaves lacking such characteristics are subject to incomplete yellowing and the development of undesirable green, brown, gray, or red coloration, regardless of the curing procedure. The final cured quality is an expression of many factors, the most important of which are discussed in this publication. Because energy use in curing is expensive, attention also is directed toward energy conservation both in the curing procedure itself and in the construction of the kiln.

CROP PRODUCTION

Seedling culture

The use of strong, tough seedlings with good root systems is vitally important in producing uniform, well-ripened crops. Such seedlings survive well, become established quickly, and ripen early in the field. The use of unhardened seedlings with succulent tissue, slender and long stems, and a low proportion of root in total seedling weight leads to nonuniform early growth, extensive replanting (resulting in young plants at harvest), variable ripeness among plants, late ripening, and, because of nonuniformity and immaturity, incomplete and variable color development in curing and low final quality.

Factors such as seedbed population, which in turn is affected by quality of seed, size of seed, seeding rate, management practices in the greenhouse, and hardening techniques, affect the ability of greenhouse-grown seedlings to survive well and to develop quickly and uniformly in the field. With good management practices, it is easy to attain an ideal seedbed population of 1184–1400 plants per square metre. Such management practices include a seeding rate of about 1 g/8.5 m^2 in conjunction with a vermiculite cover and frequent light watering to keep the media surface moist during germination and early growth. In the 2-week period before the start of transplanting, the growth rate of seedlings must be curtailed by reducing the water and increasing the ventilation. Additional measures found helpful for toughening the seedlings and for promotion of good survival, early and uniform growth, and early ripening are clipping the plants and forking the seedbeds, particularly the latter. Culture of tobacco seedlings in containers produces seedlings with even better characteristics for survival, uniform growth, and early maturity than those grown in seedbeds.

[1] Research Agronomist, Agriculture Canada
[2] Research Engineer, Delhi Engineering Research Group

Establishment in the field

The degree of survival, speed of establishment and early growth, and days to maturity in the field also are influenced by factors other than seedling characteristics. Such factors include time of transplanting, weather and soil moisture conditions at time of transplanting, and degree of insect and nematode control achieved in the field before transplanting. Early maturity, leaf quality, and curability generally are enhanced by transplanting as early as possible. However, early transplanting also increases the risk of frost damage, slow establishment, and root and stem damage from diseases, because of cool weather or high soil moisture. Transplanting should be completed by the end of May, and recommended practices should be followed for the control of insects and nematodes so that crop uniformity, time to maturity, and curability are ideal.

Nitrogen fertility

Maintaining correct levels of nitrogen fertility is one of the most important and difficult problems in flue-cured tobacco culture. An excess of nitrogen prolongs vegetative growth and leads to the production of large, thin leaves. These leaves have a low sugar content at harvest, yellow slowly and incompletely in curing, and cannot be dried quickly enough to prevent rapid change of yellow to brown. Because of the long yellowing time, such leaves are subject to excessive quality reduction from green fixation, color darkening, and curing diseases. Insufficient nitrogen results in premature yellowing in the field before the leaves have achieved sufficient maturity as indicated by body, color mottling, and graininess. After curing, such leaves usually have an unblemished light yellow background color, frequently tinged with gray, and a close-grained (slick) appearance. Also, these leaves usually are small, and crop yield is reduced.

In maintaining correct and uniform nitrogen fertility levels, attention must be directed toward using fertilization and manuring practices in high-fertility areas that are different from those used in low-fertility areas, so that leaves located at each stalk position on all plants in a field can ripen at about the same time. It is a common practice in nonuniform fields to prime plants at various stalk positions to obtain leaves of similar color ripeness. This practice may be preferable to priming leaves at the same stalk position on each plant, regardless of color, but it is well to remember that leaves of the same color at different stalk positions do cure differently. A field in which all leaves at a particular stalk position are almost the same color at harvest produces leaves of uniform quality that are easy to cure. Organic matter in the soil provides about two-thirds of the nitrogen required to produce the crop, and direct fertilization of the tobacco crop provides about one-third. If the level of organic matter is high, direct additions of fertilizer must be reduced. Conversely, low levels of organic matter must be balanced by greater than normal direct fertilization. Over a period of years compare the growth, development, and maturity of various crops and make adjustments in fertilization of the cover crop, in straw incorporation techniques with the cover crop, and in direct fertilization of the tobacco crop so that optimum yield, color, age maturity, and cured-leaf quality are obtained. In any one year, additions of sidedressed fertilizer (including nitrogen) may be needed to make up for losses by leaching if rainfall is abnormally high during the transplanting period and in June.

Irrigation

Irrigation is one of the most underrated production practices in terms of its effects on yield, quality, maturity, and curability of tobacco leaves. In a dry year requiring three irrigations, the net benefit (gross returns less cost of irrigation) can be expected to be $862 to $1319/ha. Because of timely utilization of fertilizer, properly irrigated

tobacco matures earlier, can be cured more easily, and results in a product of higher quality than nonirrigated tobacco. In a period of moisture deficiency, growth is retarded and plants may use little of the available nitrogen in the soil. If this deficiency is uncorrected, a surplus of nitrogen may become available late in the season, when a shortage, which induces a color change in the leaves, is preferable. After a rainfall a surplus of nitrogen may result in the greening of color-ripe leaves, referred to as second growth, or may even prevent normal color development. In either case cured quality is invariably low, because leaf chemistry has been affected in a way that prevents normal yellowing, or the leaves cannot be dried quickly enough to stop the rapid degeneration of yellow to brown.

It is generally believed that if irrigation water is applied when needed during July and early August and the leaves undergo normal color change, further irrigation thereafter is unnecessary, even if the weather is continually dry. If the soil is allowed to become too dry, however, the moisture tension in the plant is high and this tension, when disrupted by the removal of a leaf from the stalk, can cause cell damage, or dry-weather bruising. This condition, which appears as a fine network of dark-colored areas on the leaf shortly after harvest, results in dead, uncurable tissue that shows in the cured leaves and detracts from quality.

Topping

Topping has important implications for yield, quality, chemical composition, and curability of flue-cured tobacco. Yield is reduced up to 27.5 kg/ha each day that topping is delayed beyond the stretch-bud stage (about 1 week before the first open bloom). Although topping before the stretch-bud stage may provide additional yield advantage, it is difficult to judge number of leaves per plant before the floral shoot has elongated. Under average conditions it is best to top to 17 or 18 leaves, but proper number of leaves does depend to some extent on variety, seasonal weather, and soil fertility level. Because leaf maturity is largely governed by time after topping, it is best to top as many plants as possible at the same time, regardless of stage of floral development. It is important that topping be done early, because amount of alkaloid accumulation, degree of leaf maturity, ease of curing, and cured quality increase with time in the field after topping. These developments can be severely limited by cool weather at the end of the season.

Ripening agents

Ethrel® is a ripening agent that contains ethephon (2-chloroethylphosphonic acid) and is used by many growers to accelerate rate of leaf ripening. Sprays of this material on leaves usually effect a color change within 3–4 days. Yield usually is reduced slightly, and effects on quality are inconsistent. The material may be effective if applied as a fine spray to ripen tip and undertip leaves during warm weather. Excessive quality reduction can occur if the material is sprayed on thinner leaves at low and middle stalk positions or on immature leaves. For best results the crop should be uniformly ripe (but not overripe), so that all leaves are affected equally by the spray. Otherwise, yellowed tissue at harvest may degenerate to brown in curing before the green can be eliminated from leaves less affected or unaffected by the spray. Ethrel® applied at a rate of more than 3 L/ha, or to overripe leaves, or to leaves prematurely yellow because of nitrogen shortage may result in undesirable gray coloration in the cured leaves. If conditions of spray application have been ideal, if the crop is uniform, and if leaves are harvested at the first evidence of color change, curing time for treated leaves can be reduced by about 24 hours. To obtain optimum cured quality with treated leaves, the lamina tissue must be dried more quickly in the color-fixing phase of the cure than is the case with untreated leaves. Characteristically, Ethrel® treatment dark-

ens the base color of leaves, which may be a distinct advantage unless it is negated by a reduction in yield or by quality attributes other than base color. The reduction of yellowing time with Ethrel®-treated tobacco may be advantageous in minimizing the incidence of curing diseases such as pole rot.

PREPARING LEAVES FOR CURING

Harvesting

The ripeness of the leaves at harvest is one of the most important factors affecting the final quality. For best results, all leaves should be ripe with respect to both age and color. Leaves prematurely yellow because of nitrogen shortage and leaves that have not yet undergone any color change because of an excess of nitrogen are not ripe, as they lack age in the first instance and color in the second. There is a tendency to start harvesting too soon, before the sand leaves are old enough. Research has shown that sand leaves gain considerably in weight and quality when harvesting is delayed for 1 or 2 weeks. In delaying the harvest of the sand leaves, however, it is essential to prevent the soil from drying out, as quality reduction will occur because of desiccation at low soil-moisture levels. Improved ripening of plants and a shortened harvest period are two further advantages of delaying the start of harvest. Many growers lack the kiln capacity required for a shortened season. Another reason for delaying harvest of sand leaves is cost of curing. Because of their light weight, sand leaves are more expensive to cure than other leaves, and if gains in yield and quality can be obtained by delay of harvest, cost of curing can be reduced. Economic studies conducted in 1984 and based on 1983 costs revealed that harvesting and curing, using natural gas, cost $440 and $470/ha for bulk rack and downdraft kilns, respectively. The studies also showed that gross returns of $840/ha for sand leaves, with the average market price of $3/kg and the average yield of 280 kg/ha, were more than sufficient to cover such costs. In this analysis, costs would be covered for any combination of yield and price, resulting in $440–$470/ha or more.

The ease of curing and the quality of cured leaves are dependent on leaf ripeness and on the uniformity of leaves. Variation in color between successive stalk positions decreases at higher stalk positions. Moreover, in the initial yellowing phase of the cure, the rate at which the color changes also decreases. In addition, upper leaves generally stay in a yellowed, undried state without color degeneration for a longer time than lower leaves. Best results in curing are obtained by harvesting two or three leaves per plant from low and middle stalk positions over a period of several weeks as the leaves ripen, allowing seven or eight undertip and tip leaves to remain on the plants for the final two primings. Preferably, allow these upper leaves to ripen and then harvest on two successive days. Too few leaves left on plants for the final priming increases potential problems with second growth.

Avoid harvesting during heavy rainfall or irrigation, or for 2–3 days afterward. Otherwise, curing may be, and usually is, more difficult because the extra water prevents good air circulation and wilting. Also, curing costs are increased because more heat is required to remove the extra water from the kiln. There is a good possibility of renewed nutrient uptake after rainfall, which may lead to second growth, with resulting low sugar and high nitrogen levels and extensive browning reactions that can seriously reduce leaf value. As previously mentioned in the section entitled "Irrigation," leaf damage from dry-weather bruising may also occur after an extended dry period. If possible, leaves should be harvested dry because in addition to the effects of extra water on curing, turgid tissue is more susceptible to damage and bruising than dry tissue. This problem can be especially important in mechanical harvesting, where harvest should not start before dew has evaporated from the leaves. Even with

conventional hand harvest, where harvest starts early in the morning, when leaves are wet, and is completed when leaves are dry, it is preferable that all tissue be dry. A mixture of wet and dry tissue may lead to variation in airflow patterns during curing, difficulties in maintaining correct and uniform environmental conditions, and longer cures.

Hand harvest with primers seated on priming aids is the normal method of harvest. In recent years there has been increasing interest in reducing harvest costs through the use of mechanical harvesters. These machines remove leaves in successive primings and deposit them at random (nonoriented) in large containers or bins for curing. Although the use of mechanical harvesters reduces labor costs, losses in yield and quality do occur. Such losses may or may not counterbalance the labor advantage, depending on extent of losses. Studies for 3 years have revealed two main sources of yield loss with mechanical harvest. The first is loss of leaf material—broken leaves or butts of leaves left on the stalk and leaves or parts of leaves falling to the ground. Such material is referred to as gleanings. Weight loss from this source averaged 8.6% of the green weight, which, from a green weight of 15 000 kg/ha, amounted to 1290 kg/ha. Because cured weight was 16.3% of green weight, the loss in green weight represented 210 kg/ha of cured leaf. There was no difference between machine-harvested and hand-harvested tobacco in total green weight (harvested tobacco plus gleanings), indicating that the action of the harvester on plants did not affect total yield. The second source of yield loss was in curing. Cured weight was 18.3% of the green weight for hand-harvested leaves cured on laths. Loss of yield with machine harvest, where cured weight was 16.3% of green weight, represented 255–300 kg/ha. Loss of yield from both sources (gleanings and curing) represented 465–510 kg/ha. Curing nonoriented leaves in bins results in a greater loss than curing oriented leaves in racks or on laths because of slower drying time in bins. Leaves continue to lose weight until dried. More trashy, lightweight material is obtained in bin curing than in rack or lath curing, which reflects not only slow drying but also nonuniform airflow through the bins. In addition, the incidence of low-value cured leaves in bins reduced cured quality. Less loss of weight may occur in bin curing if the leaves are oriented rather than nonoriented in the bins. Results with oriented leaves in bins have been obtained for only a year, but cured yield was similar to that obtained for other oriented leaves in racks and on laths. Although these studies have shown pronounced disadvantages for machine harvesting, losses can be reduced. Part of the solution includes loading and curing techniques, which are discussed in subsequent sections. With respect to loss in the field, much of the leaf material missed by the harvester can be gleaned. Also, loss of 8.6% of green weight with machine harvesting applies to a research situation where there was no loss of leaf material in hand-harvested plots and gleaned material from machine-harvested plots was not cured. The difference between mechanical harvest and hand harvest undoubtedly is less than 8.6%, as there normally is some loss with hand harvest on farms as well.

Tying, bulking, kiln loading

Hand-harvested leaves are handled in one of two ways: they are taken in baskets to the kiln for stitching on laths with a mechanical tying machine, for racking or for filling of bins; or they are loaded into racks or bins in the field. In both systems the leaves are oriented with butts in the same direction, usually facing upward in the curing position. Machine-harvested leaves are deposited, without regard to orientation, into a bin on the harvester. The bin then is transported to the kiln and placed therein for curing. To keep bruising and breakage to a minimum, wait until the leaves are dry before harvesting, and handle them carefully. With laths, stitch leaves about 5 cm from the butt ends, spread leaves uniformly on both sides of laths, and make

sure that each lath has approximately the same number of leaves. For bulk-rack curing, it is best to do the bulking operations on a platform scale, so that equal weights of leaves can be loaded into each rack. Acceptable uniformity can be obtained, however, by loading to a specific height on the backboard before spiking. Equal weight of leaves per rack is probably less important than uniformity of load throughout each rack after spiking. If there is too much variation in density within or among racks, air will pass more readily through less dense areas. Minimum flow of air through dense areas can lead to degeneration of color quality, greater incidence of curing disorders and diseases, and an increase in time and cost of curing. Although loading of bins, either by oriented hand-harvested leaves or nonoriented machine-harvested leaves, also is best done on a weight basis, loading usually is based on judgment. Uniformity of load is even more important with bins than with racks. Since space is created in corners and edges of bins as leaves dry, the bins must be well filled in these areas to minimize channeled air movement. Leaves that are loaded first are more densely packed than leaves higher in the pack. With bulk racks the situation is similar, but the first leaves loaded are not as densely packed, because there is less depth of leaves above. In addition, considerable compression of the entire bulk of tobacco in the rack, with the spiked member of the rack, makes density more uniform. Greater compression of tobacco in bulk bins than is now practical would help to make the density more uniform. To achieve a density similar to that in bulk racks it is necessary to use a charger on top of the bin, load the tobacco considerably higher than the top of the bin, and press the tobacco before and during pinning. Also, to help make the density more uniform, invert the bin while rotating it from the loading to the curing position.

To prevent color degeneration, thin leaves at lower stalk positions must be dried more quickly than thicker leaves at upper stalk positions. Lower leaves usually contain more moisture than upper leaves. To facilitate rapid drying of the lower leaves, kiln loads should be light. The lighter the load is, the faster the leaves can be dried. Upper leaves not only are low in moisture compared with lower leaves, but they can be even lower than normal if exposed to chilling temperatures. Because the upper leaves need a long yellowing period and, consequently, high moisture for a prolonged period, they should be densely loaded to increase the amount of moisture in the kiln. However, loading should be uniform, because unequal density, regardless of whether the load is light or heavy, may lead to channeled air movement and associated problems.

Downdraft kilns usually are blocked, that is, wood recesses designed to take the ends of laths are situated along each tier at set spaces to ensure uniform spacing of laths. The recesses in the blocks keep the lath upright and prevent warping or bending. With permanent-set blocking, there is, of course, no possibility of varying the kiln load by changing the lath spacings—only the number of leaves per lath can be varied. For sand leaves, which must be dried quickly, it is advisable to have no more than 90° per lath. This number should be increased among successive stalk positions, with a maximum of about 120 small tips per lath. The spaces between laths provided by blocking the tiers depends on the size and style of kiln. Usually, an attempt is made to provide a load of 1200–1250 laths per kiln, and spaces generally are slightly less in low-profile kilns than in those of standard size. When leaves are consistently larger than normal and difficulties are experienced in achieving good airflow and wilting of leaves, it is advisable to provide a somewhat wider spacing than normal between the laths. Spaces in the range of 17.8–20.3 cm usually are satisfactory. Normal-sized bulk racks of about 0.3 × 1.5 m should contain 40.8–72.5 kg of green tobacco, depending on stalk position, size of leaves, and amount of moisture in or on leaves. Sand leaves should be the lightest and large tip-leaves the heaviest. Since bins and containers vary in size, depending on the make, optimum weight per bin also varies.

When loading the bins, tobacco normally is loaded above the top of the bin and contained by a charger on the bin until the leaves are compressed. The tobacco is then held in place by a perforated cover and steel pins. The amount of loading above the top of the bin before compression should be less for low stalk positions than for high ones. When loading the bins it is important to use enough pins to hold leaves in place and to prevent slumping after the bin is turned 90° for curing. If slumping occurs, there is a resulting high density of leaves in the affected area, which prevents airflow and curing of leaves in that area.

CURING FACILITIES AND EQUIPMENT

Kilns and curing systems

Downdraft. The downdraft kiln is so named because the airflow is from the top to the bottom of the tobacco. Kilns are constructed in one of two styles, high profile and low profile. A high-profile kiln (Fig. 1) is approximately 7.3 m long × 6.9 m wide × 4.9 m high from grade to roofline. It has six tiers in six rooms, which

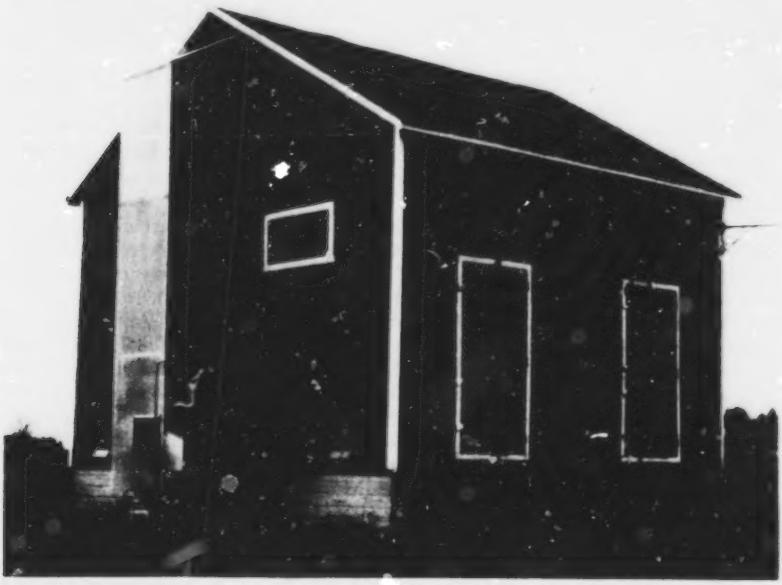


Fig. 1. Standard-sized kiln equipped with low-volume forced-air downdraft curing system.

contain the leaves stitched to wooden laths. A low-profile kiln (Fig. 2) comes in two distinct sizes: 10.3 m long × 6.1 m wide × 3.5 m high, from grade to roofline, and 13.6 × 6.1 × 3.5 m. The former has three loading doors with four tiers in 9 rooms, and the latter has four loading doors with four tiers in 12 rooms.

The recirculated air is forced through an external duct to the air space above the top tier. In the duct is a 107-cm propeller fan that is driven by a 0.7-kW motor at 430 rpm to give a delivery rate of 283 m^3/min of air. Electrical consumption is

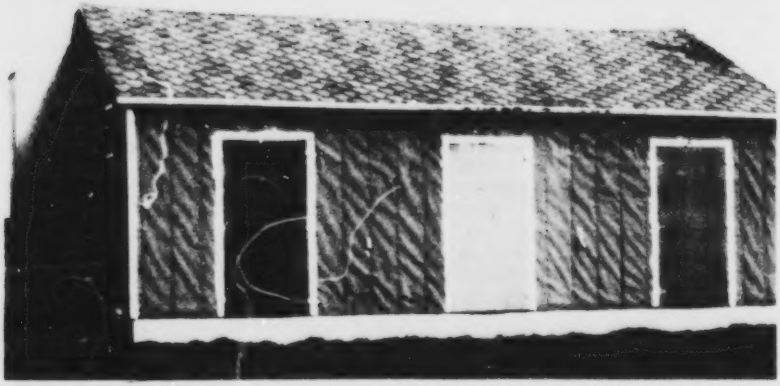


Fig. 2. Low-profile kiln equipped with low-volume forced-air downdraft curing system.

approximately 0.7 MJ/kg of cured tobacco. An intake vent is located on the external duct, and two exhaust vents are located on the lower outside corners of the kiln wall on which the duct is centrally located. The burner, which is below the fan, is rated at 527 MJ/hr for either propane, fuel oil, or natural gas. The burner is controlled manually by a capillary tube thermostat, and a similar thermostat acts as a high-temperature limit.

The kiln is ventilated by opening the intake vent as required to achieve the desired rate of moisture removal. This excess air introduced into the kiln increases the internal air pressure, and the lower corner exhaust vents relieve the pressure by opening and thus allowing the excess air to escape to the outside atmosphere.

Downdraft kilns are prone to preferential yellowing and drying in some areas, principally in rooms farthest from the furnace end and in low-profile kilns more than in standard-sized kilns. The unequal curing can lengthen the curing time and result in nonuniformity in the cured tobacco. Steps to improve the situation are as follows: load the wet morning tobacco in the fastest drying area, space sticks closer together in this area, and install a plywood baffle above the tobacco. The baffle is hinged in the middle of the kiln, perpendicular to the airflow, and can be raised or lowered as required during the cure to restrict the airflow to the fastest drying rooms. All these suggestions tend to retard the speed of drying in some areas and accelerate it in other areas, thereby resulting in more uniform curing.

Bulk. A distinctive characteristic of a bulk kiln is that the tobacco is loaded into racks or bins and is at a much higher leaf density than in a downdraft kiln. Also, the air is forced up through the tobacco pack from the lower to the upper air plenum. The common size for a bulk kiln is approximately 12.6 m long × 2.9 m wide × 2.7 m high from grade to roofline, with two loading doors and a capacity of 162 racks (Fig. 3). This style of kiln is factory built and transported to farm sites. Older units were assembled at the farm with three loading doors, one for each of three rooms, but contained a similar number of racks.

Most kilns are equipped with a 91-cm squirrel-cage fan that is belt-driven by a 3.7-kW motor, but many bin-filled kilns have a 5.6-kW motor to deliver more air. Also, there are some large three-room kilns, with 180-rack capacity, which use a

Fig. 3. Portable bulk kiln showing curing bins on right.

5.6-kW motor. Electrical consumption varies from 2.0 to 2.9 MJ/kg of cured tobacco, depending on motor size and phase, as well as on curing procedure and time required for curing.

Propane and natural gas are the types of fuel used predominantly for bulk kilns. Oil has a low burning efficiency of 59% compared with 85% for the other fuels, because the flue gases of oil-fired bulk kilns are vented to the atmosphere, whereas those of natural gas and propane are recirculated. Fuel consumption for natural gas ranges from 602 to 700 m^3/1000 kg of cured tobacco.

A cement pad for a bulk kiln usually extends about 30 cm beyond the kiln perimeter except in the front, where it is larger to provide a racking and loading area. Cement-lined depressions from this pad in each room form inlet air plenums, which are covered with perforated steel floors. The floors, which have about a 10% opening, pressurize the inlet air with the result that air passing upwards through the floors is comparatively uniform in temperature, pressure, and air speed. After the recirculated air passes through the tobacco it travels horizontally to the burner and fan housing at the rear of the kiln and then is returned to the lower plenum to complete the cycle. To remove moisture, an intake vent in the burner housing is opened to introduce dry outside air, which creates pressure and thus causes louvers above the loading doors to open and discharge moist kiln air. The inlet opening is controlled manually or automatically. The automatic system consists of a water reservoir with a wick, a proportional thermostat with its sensor surrounded by the wick, and a modulating motor to operate the intake vent. The sensor monitors the wet-bulb temperature and sends a signal to the thermostat. If the wet-bulb temperature is not at the set point, the thermostat causes the modulating motor to adjust the intake vent. If the wet-bulb temperature rises above the set point (higher relative humidity) the intake vent opens, but if the wet bulb temperature drops (lower relative humidity) the intake vent closes. Bulk kilns also have a manually operated baffle that controls the discharge of the fan and, thereby, the amount of air circulated through the tobacco.

Measurement of temperature and relative humidity

A hygrometer is an important curing aid that can prevent some curing problems. The standard hygrometer (Fig. 4) consists of two identical thermometers mounted

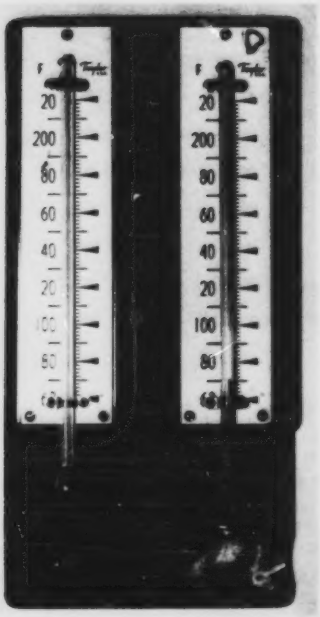


Fig. 4. Wet- and dry-bulb hygrometer.

on a common holder. The sensing bulb of one thermometer is left bare to measure dry-bulb temperature. The other thermometer, which measures the wet-bulb temperature, has its sensing bulb surrounded by a wick that extends into a reservoir of water. Evaporation of water from the wick causes cooling of the sensing bulb. With the reduction in relative humidity (RH) of the air, the rate of evaporation and amount of cooling increase. This increase in evaporative cooling causes an increase in the difference between wet- and dry-bulb temperatures. At 100% RH there is no evaporative cooling, and the wet- and dry-bulb temperatures are identical.

In addition to the standard hygrometer, electronic temperature indicators (Fig. 5) can be used to measure wet- and dry-bulb temperatures. The types of sensing elements available are RTD (resistance temperature detector), thermocouples, and thermistors. These elements are connected to a portable digital indicator. Again, two sensors are required to measure wet- and dry-bulb temperatures. As with the hygrometer, one measures the air temperature and the other measures the temperature of a wetted wick. Hygrometers or electronic temperature indicators used to monitor the kiln environment should be located on the inlet air side, which is above the tobacco in a downdraft kiln and below the tobacco in a bulk kiln. Extremes of dry-bulb temperature fluctuation in these locations, because of on–off cycles of the furnace, can be minimized by inserting the dry-bulb sensor into a small hole in a wooden block of wood 5 cm × 10 cm × 15 cm. The sensor is placed at a depth of 5 cm, and the opening then is caulked.

Fig. 5. Digital thermocouple hygrometers.

Another type of equipment called a Humidguide® measures the change in length of a humidity-sensitive material such as hair. This type gives a direct RH reading, whereas the wet- and dry-bulb readings of previously described units require a chart to determine the RH values. With the Humidguide,® a thermometer is required to measure dry-bulb temperature.

Maintenance is important with all environment-measuring equipment to ensure as accurate a reading as possible. Match wet- and dry-bulb thermometers annually by removing the wick from the wet-bulb thermometer and allowing both thermometers to equalize under room conditions. Any two that a[illegible] within 0.5°C (1°F) can be mated to form a hygrometer. Electronic indicators should be inspected also to be certain of proper operation. To check the calibration, insert the sensor into ice water and stir. The reading should be 0°C (32°F); if not, calibration is required and a manual for directions should be consulted. The Humidguide® may become inaccurate with time, and it is best to compare its RH reading with an environment of known RH.

Wicks should be inspected frequently to make sure that they can take up water readily. If the wick feels hard or crusty from mineral deposits, replace it. Minerals prevent water from wicking properly, and false readings result.

It often is difficult to locate a standard hygrometer above the tobacco in a downdraft kiln because there is no available access to this area. Even if the area is accessible, it is inconvenient to continually climb up and down a ladder to monitor the environment. A solution is to bring upper air to the lower level for measurement. For this purpose install a 13-cm pipe vertically from just above the butts on the top tier to a box below the lower tier containing a hygrometer and a high-temperature fan that is 10 cm in diameter. The fan draws air from the top and past the hygrometer at sufficient speed to ensure accurate readings. The pipe is best located along tiers a few feet from the entrance door, in the end opposite the furnace.

Conservation of energy

The cost of curing is increasing, and tobacco producers should closely examine their production and curing methods, kilns, and curing systems to determine means of decreasing use of fuel and electricity. The savings to be realized from various changes in production and curing methods, from retrofits to kilns, and from keeping the curing system in good operating condition depend on the initial condition of kilns and curing systems. Possible areas of improvement are discussed below.

Sealing of kilns. Escape of hot air from the kiln does, of course, increase fuel consumption. Prevent such loss by sealing a downdraft kiln along the eaves, in the gable end, and around doors and furnace duct. In bulk kilns make sure that the seam between the cement pad and the kiln is airtight. Polyurethane foam is an excellent material for sealing openings, but exterior installation, such as in furnace ducts, must be painted to prevent deterioration from sunlight. Leaking gaskets around the doors of a bulk kiln should be repaired or replaced. Downdraft kilns also benefit from the installation of gaskets around doors, as the seal in these areas usually is poor. Fuel savings of up to 20% can be realized by the elimination of all air leaks.

Air management. Excessive hot air is often vented to the outside to allow for a safety factor during the drying phase of the cure. This practice is extremely wasteful of fuel and can be readily prevented by following correct curing procedures. Monitor the temperature and RH with a hygrometer, and use only enough intake venting to obtain the correct RH.

Cultural practices. Curing time and use of fuel and electricity are minimized by harvesting leaves that are uniformly mature and dry.

Equipment servicing. Both oil and gas burners require periodic servicing, preferably before the curing season, to maintain them at maximum efficiency. The thermostats and thermometers also must be checked for proper calibration and operation.

Uniform loading. All types of kilns (stick, rack, and bin) need to be filled uniformly to prevent channeling of air through less dense areas. This ensures shorter curing times, better quality, and less energy use. With racks and bins it is also essential that the edges are sealed to prevent air from bypassing the contained tobacco.

Insulation. With downdraft kilns the area that needs insulation the most is the roof and gable-end cavity above the tobacco. Walls are of lower priority. Materials such as polyurethane foam and expanded polystyrene rigid sheets can be effective if properly applied and maintained. The exterior siding and roofing must be sound before any insulation is used on it, as moisture trapped between the inner insulation and the wooden exterior can cause the latter to deteriorate prematurely. A fully insulated kiln can save up to 20% on fuel, depending on the original condition of the kiln.

With bulk kilns the lower air plenum is the most important area. The interior of the plenum sides should be covered with polyurethane foam. The ceiling and floor forming the upper- and lower-air plenums in the furnace room are also areas that can be insulated. In new installations the concrete pad should be underlain with a minimum of 2.5 cm Styrofoam SM® (blue) both under the pad and around the pad edges that protrude beyond the kiln. Fuel savings of up to 10% can be realized with proper insulation of the lower air plenum and concrete pad.

Electrical consumption. The electrical use for curing depends on two factors: motor size and operating time. Therefore, to conserve energy the motor must be big enough to ensure the most efficient operation of the fan. A 3.7-kW motor is adequate for most installations of bulk kilns, but extra-long kilns or kilns with bins need a 5.6-kW motor. Also, to reduce the operating time, the kiln should be filled with mature leaves that are loaded uniformly. When converting from downdraft to bulk kilns or installing additional bulk kilns, it is important to consult the local electrical utility office for information on the power that is available for the installation.

THE CURING PROCESS

Fundamentals in curing

The basic objective in curing is to change fresh, greenish yellow leaves containing 75–85% moisture to a final product possessing a bright lemon, lemon orange, or mahogany color with desirable texture, elasticity, body, and aroma, and a moisture content of about 5%. After curing, the moisture content of leaves is increased to about 18% by casing so that leaves can be handled without shattering. The characteristics of the cured leaves, including color, are largely dependent on the characteristics of the green leaves or, by extension, on the cultural techniques used before curing. Such characteristics can be excessively modified by weather conditions or by curing procedure. Ideal curing procedures are those that promote an environment or changes in environment most suitable to yellow, wilt, color-fix, and dry the leaves; that permit attainment of maximum yield and optimum quality; and that minimize use of electrical and petroleum energy. Exposing the leaves to ideal curing conditions does not necessarily result in leaves that possess all or any desirable characteristics after curing. For instance, the kiln load may be such that uniform conditions cannot be obtained. Also, leaves with poor-quality characteristics in the field are not improved by curing, even when curing procedures are ideal. Improper curing procedures can, however, make poor-quality leaves worse and can reduce the cured quality of leaves with high potential.

The initial (yellowing) phase of the cure is a continuation of the senescence (ripening) changes started in the field. While leaves are growing on the plant, the rate of chlorophyll assimilation through photosynthesis exceeds the rate of chlorophyll breakdown through respiration, and leaves remain green. After the leaves attain maximum growth, the rate of assimilation is gradually reduced and the leaves become more yellow as the rate of chlorophyll breakdown exceeds the rate of chlorophyll assimilation. At harvest this color change is accelerated, as there then is no further assimilation to compensate for breakdown through respiration. Furthermore, the provision of an ideal environment in the yellowing phase accelerates the rate of respiration and yellowing. Leaves must be living during the yellowing phase of the cure to permit the occurrence of the chemical changes associated with respiration of leaves. Breakdown and disappearance of the green color (chlorophyll) and conversion of starch to sugar are the most important results of these chemical changes. In yellowing, the leaves are living, and chemical changes through respiration continue until the leaf tissue is killed by an increase of temperature or by drying. An environment that has too high a temperature or too low an RH level for living tissue results in premature death of the tissue and therefore prevents any further chemical changes. Also, tissue that is dead because of sunscald, diseases, physiological disorders, freezing, or bruising does not undergo chemical change. To prevent premature death of tissue in the yellowing phase, keep the temperature of the kiln air under 43.3°C (110°F) and the RH over 75%.

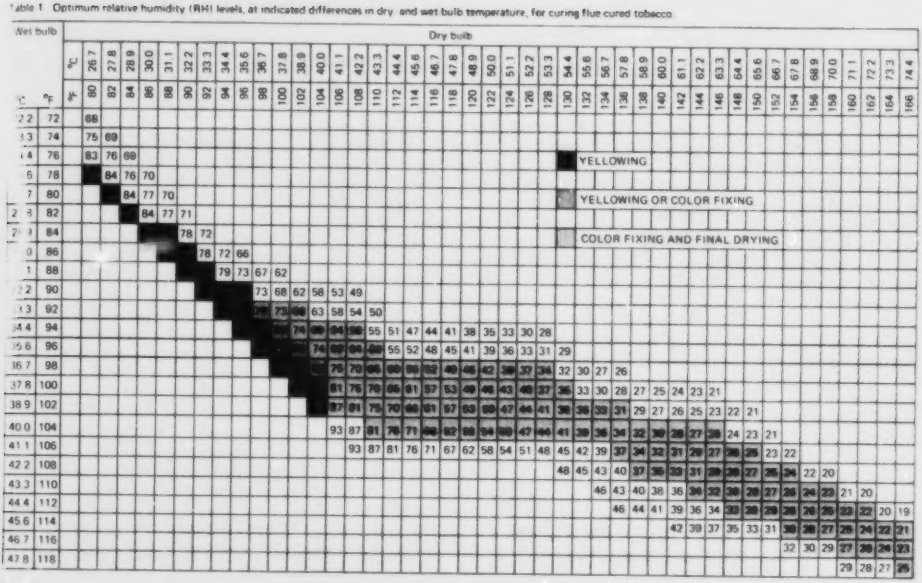
Leaves generally lose 25–40% of their original weight during the yellowing phase. Reduction of moisture accounts for most of this loss, but there also is some loss in dry weight because of chemical changes. As yellowing progresses, the decrease in dry weight accounts for an increasingly higher proportion of the total loss in weight. Under normal curing conditions, differences in dry-matter loss among cures is inconsequential. It can be significant with leaves that require a long yellowing phase, such as immature leaves, or with leaves that remain undried for too long after complete yellowing. The latter situation can occur when leaves are purposely dried slowly at high RH levels during the color-fixing phase, to induce darkening of the base color, or when, because of uneven loads or poor air-distribution patterns, air movement becomes channeled and bypasses certain areas of the load.

An environment suitable for yellowing is maintained until most of the leaves are uniformly yellow, orange, or mahogany, depending on stalk position, age, and body of leaves. Then the color-fixing phase begins. To fix the color, the temperature is gradually increased and the RH reduced to wilt and dry the tissue. If this phase is started before the leaves are completely yellow, green tissue will result. If leaves are allowed to overyellow, chemical changes continue and the tissue gradually darkens because of the production of dark pigments. Such darkening may develop even when color fixing is started at the right time, because a rapid increase in temperature, without a corresponding decrease in RH, causes scald. Dark tissue may appear in undried tissue within a few minutes at 57°C (135°F), but only after several hours at 49°C (120°F). The more rapidly leaves can be dried the faster the temperature can be raised without causing scald.

Color fixing is complete when most of the moisture has been removed from the blades of the leaves. At this time the more exposed parts of the blades are completely dry, whereas portions less exposed to air movement, particularly in leaves farthest from the inlet air, such as lower tiers of downdraft kilns, upper tiers of bulk rack kilns, or upper portion of containers, still contain some moisture. To finish leaf and stem drying, the temperature is increased and the RH decreased still further. Desirable temperature and RH levels throughout color fixing and final drying are obtained by manipulating temperature controls and ventilators. The RH of the air in the kiln may vary little with an increase in temperature because of moisture removed from the leaves, unless some of the moisture-laden air is removed from the kiln by ventilation and replaced by air containing less moisture.

Conventional curing procedures

Conventional procedures discussed here are applicable to most situations. Variations from conventional procedures under special conditions are considered in the next section. Table 1 shows optimum RH levels, at indicated differences in dry- and wet-bulb temperatures, for curing flue-cured tobacco. Stage of cure rather than time provides the basis for this form of scheduling, although temperatures at any one time depend on transpired time as well as on color, moisture content, and physical state of the leaves. In fact, curing cannot be based strictly on time because time of yellowing, color fixing, and final drying depend on many factors, such as stalk position, leaf maturity, size of leaves, thickness of leaves, density of loading, weather conditions, and type of curing system and kiln. Table 1 is useful only if the operator has a basic knowledge of curing and can use leaf appearance and feel to determine the time needed for yellowing, color fixing, and final drying. The RH levels in Table 1 are applicable to the various stalk positions: lowest levels for lower stalk positions and highest levels for the higher positions. The RH values in late yellowing, for instance, should normally be as low as 79 or 80% for sand lugs and as high as 93% for tips. Similarly, RH should be gradually reduced to 30 and 40% by the end of



color fixing for sands and tips, respectively, and to final levels of 21 and 25%, respectively. For other stalk positions, RH levels maintained in each curing phase should be intermediate between those for sands and those for tips. RH levels in the final drying phase, that is, for dry temperatures above 57°C (135°F), should be gradually decreased from 40 to 21%. The latter level is relatively high to minimize fuel use.

Elimination of the stalk position variable greatly reduces time difference among various cures. Typical cures for primings 1, 3, and 5 (sands, thirds, and tips, respectively) in Figs. 6–8 illustrate the pronounced difference in curing time and in time within each phase, as well as the rates of change in environment (increases of temperature and reduction of RH) normally required for best results. Rates of environmental change must be varied not only because of the inherent differences in drying rates among leaves at various stalk positions but also because of the need to dry some leaves faster than others to preserve a desirable color. For instance, the drying environment is altered more quickly with sands than with tips because rapid drying is more necessary with the former to preserve color.

The three distinct phases in curing, namely yellowing, color fixing, and final drying, are discussed separately, as follows.

Yellowing. Recommended procedures for yellowing depend on type of curing system and stalk position. With bulk rack and bulk container kilns it is essential that air circulation through the tobacco start as soon as possible after harvesting. Delay in initiating air circulation can cause subsequent curing difficulty, particularly with containers. The sooner that air can be circulated through bulk racks and containers the better, because heat that is generated by living leaves through the respiration process may increase among the leaves and in turn can cause moisture removal from, and accumulation among, the leaves. Such accumulation interferes with subsequent airflow and can lead to channeled air movement in less affected areas. Also, if there

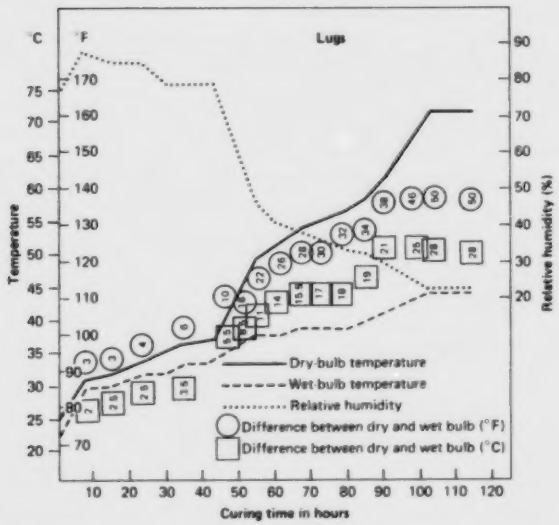


Fig. 6. Typical schedule for curing of sand lugs to show variation in dry- and wet-bulb temperatures and in relative humidity with time.

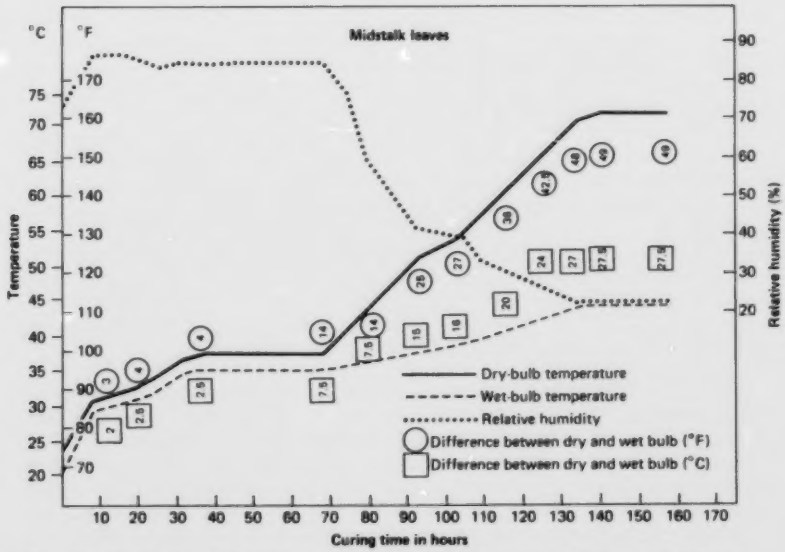


Fig. 7. Typical schedule for curing of mid-stalk leaves to show variation in dry- and wet-bulb temperatures and in relative humidity with time.

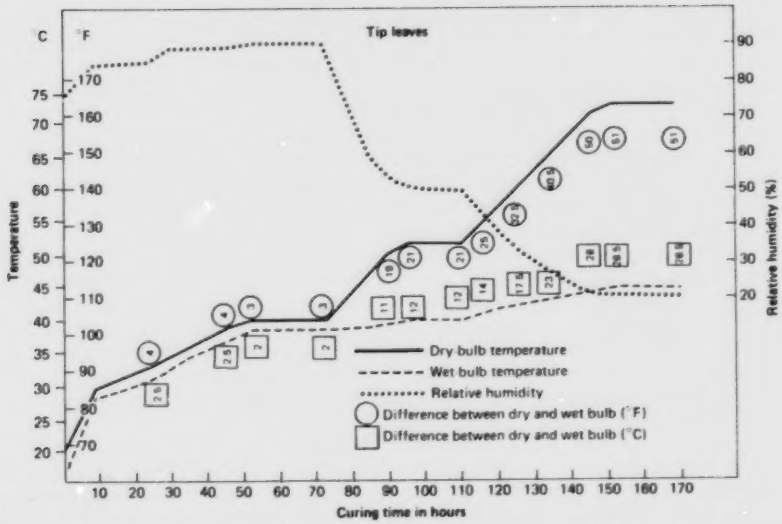


Fig. 8. Typical schedule for curing tip leaves to show variation in dry- and wet-bulb temperatures and in relative humidity with time.

is no air circulation through such tobacco, temperatures within the pack quickly increase within a few hours to a level above 43.5°C (110°F), which kills the tissue and thereby causes green fixation. In harvesting bulked tobacco, load the racks or containers and place them in the kiln as quickly as possible. As soon as the last rack or container is loaded, close the doors and start the fan. It is also important at this time to make sure that air passes through the tobacco, which is accomplished by a tight seal between racks or containers and the walls and doors.

Because of heat generated by the tobacco, little or no artificial heat is required in bulk kilns during the first night of curing. At this time the tobacco should be gradually warmed to a dry-bulb temperature of 29.5–32.2°C (85–90°F). In the meantime, try to raise the RH to above 85% by obtaining differences between dry- and wet-bulb hygrometer readings of 2°C or less, as measured on the inlet side below the tobacco.

During the initial 24 hours, a minimum of air should be recirculated. It is desirable to establish slow airflow through the tobacco and then to begin increasing the dry-bulb temperature to 35–40.5°C (95–105°F), a range that is best for yellowing. At the same time, RH of the environment normally increases, because more moisture is lost from the leaves as a result of the increase in temperature and the yellowing process. In fact, leaves may lose little or no moisture, except for surface moisture, until they start to yellow. However, leaves can lose moisture when poor air circulation leads to a temperature increase within the bulk packs or when there is too much initial airflow. In the latter case excessive amounts of air may be forced through areas of least resistance and at the same time may dry the leaves in these areas, thus causing more channeling and bypassing of other areas. This lack of air circulation in bypassed areas is accentuated because some of the moisture removed from the lower part of the pack is deposited in the upper part of the pack, partly because air circulation is insufficient to move moisture through the pack in these areas but also because the air cools with ascent in the pack and the moisture condenses.

Good airflow through the tobacco must be established before moisture is removed from the leaves. This is best achieved by low-volume airflow. It is necessary to establish good air circulation early so that moisture subsequently removed from leaves, as a result of higher temperatures and the yellowing process, can be readily moved from among the leaves and the leaves can be wilted. At the same time high enough RH levels must be maintained to prevent premature death of tissue from drying. Good air circulation through the tobacco is the most critical part of yellowing in bulk kilns. If you cannot get air through the tobacco, or if air movement is excessively channeled because of uneven loading or too much recirculated air at the start of curing, then the tobacco cannot be properly cured.

Once good circulation has been established, an increase of dry-bulb temperature to the desirable yellowing range of 35–40.5°C (95–105°F) helps to speed up both yellowing and rate of moisture removal from leaves. Yellowing can be effectively done at any temperature from 35 to 40.5°C (95–105°F), but moisture generally is removed and leaves are wilted more quickly at the upper limit. Quick wilting is advantageous as long as the RH can be maintained at a satisfactory level. If low moisture content of the tobacco, weather conditions, or poorly insulated kilns make it difficult to maintain RH levels above 85%, yellowing should be done at the lower limit.

Care must be exercised with bulk kilns when attempting to alter the curing environment by ventilation. In warm weather it is often difficult to keep the dry-bulb temperature below 40.5°C (105°F), as heat of respiration may provide all the heat necessary. Under such conditions, RH levels may increase to 95% or higher, making ventilation necessary to lower the RH and temperature. Too much ventilation at this time may effectively cool the area above the tobacco, result in moisture condensation on the upper leaves, and restrict recirculated airflow. It is therefore advisable to provide minimum ventilation during the yellowing phase and to achieve required changes in environment gradually.

Downdraft kilns also should be closed tightly as soon as the kiln is filled. Initiation of air circulation through the leaves is more readily attained in downdraft than in bulk kilns, and so it is less important to start the fan right away. With large leaves that have a high moisture content, it usually is advantageous to start the fan as soon as possible after filling, not only to achieve good circulation but to remove free moisture from leaves. With low-moisture or immature tobacco in poorly insulated kilns, particularly in cool weather, it may be preferable to have only intermittent air movement for several days, with the fan and burner operating only enough to keep the dry-bulb temperature of the inlet air to at least 29.5°C (85°F). With high-moisture tobacco in well-insulated kilns, particularly in warm weather, continuous fan operation is essential to prevent excessively high temperatures and RH levels and to induce wilting. For the initial period of about 24 hours (warm-up and start of yellowing) the dry-bulb temperature should be raised gradually to 29.5–32.3°C (85–90°F), or to no more than 8°C (15°F) above the outside temperature if the kilns are not well-insulated, particularly in cool weather. Meanwhile, the kiln should be kept tightly closed so that the RH can be raised above 85% by maintaining a difference between dry- and wet-bulb temperatures of 2°C (4°F) or less. If this difference cannot be maintained for 24 hours it may be necessary to use intermittent fan operation or to introduce moisture, particularly for leaves from middle and high stalk positions. The introduction of moisture is discussed in the section that follows.

Failure to maintain a dry- and wet-bulb temperature difference of 2°C (4°F) or less above the tobacco during the initial part of yellowing can result in green fixation in the butts of leaves on the top tier. Green fixation is more of a problem with downdraft than with bulk kilns, although it can occur in the tips of leaves on lower tiers of the latter if there is too much airflow early in yellowing. The principal rea-

sons for the difference in the green-butt problem between downdraft and bulk kilns are as follows.

- Adequate RH levels are more readily attained in bulk kilns because of better insulation and, as a result of greater density of load, more moisture per unit volume.
- Because blade tissue at the butt end of leaves is less extensive and thinner than blade tissue at the tip end of leaves, the former is more susceptible to premature drying.
- The perforated false floor in bulk kilns provides a baffle that pressurizes the inlet plenum and results in a uniform upward flow of incoming air. In downdraft kilns the butts in the upper tier are exposed directly and nonuniformly to incoming air.
- In contrast to bulk kilns, where the inlet environment usually is measured by means of a hygrometer, few attempts are made to measure the inlet air of downdraft kilns. Inspection doors in such kilns usually are located some distance below the upper air cavity. Even if doors opening into the upper air cavity are present, it is inconvenient to measure the environment at such locations because of distance from grade.

The following are means of preventing green fixation in the top tier of downdraft kilns.

- Insulate the interior or exterior of kilns partly or completely. Insulation of the upper roof and gable end area is the most important and may be all that is necessary to ensure adequate control of the environment for preventing green fixation. Energy conservation also increases with added insulation, but cost recovery within an acceptable period of time must be considered. In general, cost recovery in less than 5 years is worthwhile.
- Close off the lower part of the inlet plenum between duct and kiln to reduce direct airflow to the leaf butts or install a deflector in the upper cavity to direct some of the air away from the butts.
- Monitor the environment above the tobacco by methods described in a previous section and use whatever means necessary to maintain temperature and RH levels that are conducive to good yellowing and prevention of green fixation. These means could include the introduction of water, preferably as a fine mist, into the duct above the furnace, intermittent fan operation, or low yellowing temperatures.
- Harvest only ripe leaves, as mature tissue is less susceptible than immature tissue to green fixation.

Early establishment of airflow through the tobacco is important for leaves at low stalk positions. Although such leaves yellow more quickly than those at upper stalk positions, they also must be dried more quickly in the color-fixing phase to preserve the yellow color. To promote rapid drying in the color-fixing phase, density of loading for low stalk positions should be light and RH levels in late yellowing should be lower than RH levels for middle and upper stalk positions. Furthermore, temperatures for low stalk positions, particularly for sand lugs, normally are advanced to the color-fixing range before all the chlorophyll has disappeared from the leaves. Small amounts of green, unless they result from bruising or other injury, normally disappear in the latter part of the cure or during storage. An attempt should be made during warm-up and early yellowing to raise the RH for all stalk positions to the range of 85–90%. In mid and late yellowing, RH should be maintained in this range or decreased slightly, depending on stalk position. Gradually obtain and then maintain RH levels of 79–80% for sand lugs, 82–83% for cutters, and 85–93% for middle and upper leaves during the latter part of yellowing phase. At 35°C (95°F) dry-bulb temperature the wet bulb should be about 31.7°C (89°F) for sands, 32.2°C (90°F) for cutters, and from 32.8–33.9°C (91–93°F) for middle and upper leaves. At 40.5°C

(105°F) dry-bulb temperature the wet-bulb readings should be about 36.6°C (98°F) for sands, 37.2°C (99°F) for cutters, and 37.8–39.4°C (100–103°F) for middle and upper leaves.

The operator must judge, from the appearance of the leaves, when to stop yellowing and start color fixing. If most of the leaves are similar in stalk position and ripeness at time of harvest, progression of yellowing is similar and the timing decision is easier than if there is considerable variation in stalk position or ripeness. Prolonging the yellowing phase to remove all vestiges of green from leaves results in color degeneration (browning reactions) within yellowed tissue. Although timing of the change must suit most of the leaves, it is usually better, except for low stalk positions, to overyellow than to have green. To a certain extent, timing depends on leaf thickness and stalk position, because the rate of color degeneration with overyellowing is relatively rapid for thin leaves at low stalk positions and slower for thicker leaves at upper stalk positions. Overyellowing therefore has less effect on upper leaves than on lower ones. It may even be advisable to extend the yellowing phase with upper-stalk tobacco for up to 24 hours beyond the time that most of the chlorophyll has disappeared. This practice has the advantage of not only reducing green tissue but also of darkening the base color and minimizing the number of grades. Such a practice can, however, result in a greater incidence of curing diseases such as pole rot, development of which is arrested by increasing the temperature and decreasing the RH for color fixing.

As a result of chemical reactions taking place in living leaves during the yellowing phase, small amounts of ethylene gas escape from the leaves and speed up the yellowing process. Since small amounts of the gas are beneficial, excess amounts were considered to be even better. Studies on the effect of introducing ethylene gas during the yellowing phase have concerned the following: influence of various yellowing environments; level of gas and duration of introduction; time of yellowing relative to maturity, stalk position, and exposure to ethylene; physical and chemical characteristics of treated leaves; market acceptability; and smoking characteristics of cigarettes made from treated leaves. Ethylene gas was shown to be without benefit and often detrimental to immature tobacco, wet tobacco, and in a yellowing environment that was maintained at high or very low RH levels. At high RH (above 95%) spotting may be excessive, whereas at low RH (below 80%) green fixation can be pronounced. The gas should be used only on ripe leaves. Excess free moisture on leaves should be removed by operating the fan before gas is introduced into the kiln, and the RH should be maintained at 85–90% and the temperature below 32.2°C (90°F) during the exposure period. The period of gas introduction should be 12–18 hours using 2–3 L of concentrate. Gas treatment usually reduces yellowing time by no more than 10 hours, and it darkens the base color of the leaves. Darkening of the base color may provide a beneficial shift in grade. Poor results occur when immature tobacco is treated. The reduction of yellowing time can minimize the development of and damage from curing diseases and reduce the amount of green grades. In spite of potential advantages of ethylene gas treatment, such treatment often is either damaging or without benefit. Furthermore, treated tobacco has been shown to be less desirable than nontreated tobacco in smoking tests. For these reasons the use of ethylene gas in curing is not recommended.

Color fixing. The temperature must be increased and the RH reduced during color fixing at rates that are high enough to slowly dry the leaves and kill the tissue, thereby preventing further chemical reactions and preserving the desirable color attained in the yellowing phase. Ventilation is provided at this time so that outside air, which contains relatively little moisture, can be slowly exchanged for kiln air, which contains a higher amount of moisture. Ventilation thereby helps to reduce RH.

An increase of temperature alone without ventilation reduces RH temporarily because the moisture-holding capacity of air increases with temperature. However, the drying capacity of air also increases with temperature and, without ventilation to remove additional moisture removed from leaves by the increasing temperature, the air soon becomes saturated with moisture and further drying is curtailed. Ventilation alone without a temperature increase slowly dries the leaves but at too slow a rate to fix the color, particularly if the dry temperature is in the yellowing range, in which case color degeneration occurs because of continued chemical reactions. For best results, the rate of temperature increase and the rate of moisture removal from the leaves must be in balance with the capacity of the ventilation system to remove moisture. When the rate of temperature increase is rapid, air exchange through ventilation may remove less moisture than is emanating from the leaves, the RH is increased, and the rate of drying is reduced. Too much imbalance in this respect, particularly while the moisture content of the leaves is still high, causes scald (browning of leaf tissue). Rate of scald development depends on temperature and moisture content of the leaves. At the end of yellowing, when leaves normally contain 65–75% of their original moisture, a dry temperature of 57°C (135°F) can cause scald in a few minutes. The time required to scald leaves increases with a reduction of dry temperature and of moisture content of leaves. At a dry temperature of 49°C (120°F) and 65–75% original moisture, several hours are necessary, whereas a reduction to 40% original moisture or less can effectively prevent scald. Scald invariably is the result of nonuniform loading or air distribution such that little or no moisture is removed from parts of the kiln load whiie other parts are drying normally. Under such conditions leaves in slow-drying areas may be exposed to high temperatures before leaf moisture has been sufficiently reduced.

In spite of the need to increase temperature and reduce RH of the curing environment simultaneously during the color-fixing phase, the rates of such change can vary widely without causing severe problems. Any rate of temperature increase up to 1.68°C (3°F) per hour can be satisfactory as long as the RH can be reduced quickly enough. Rates of moisture removal from leaves may be too slow to prevent scald when rates of temperature advance are 2.24°C (4°F) per hour or higher. Even if a rate of 1.12 or 1.68°C (2 or 3°F) per hour can be sustained by an adequate drying rate, the cured tobacco has less desirable texture than tobacco exposed to rates of temperature increase of 0.28–0.84°C (0.5–1.5°F) per hour. Within this latter range, there is considerable leeway in acceptable rate of RH reduction. Three schedules of increase in the wet-bulb temperature in conjunction with increases in the dry-bulb temperature of 0.28, 0.56, and 0.84°C (0.5, 1.0, and 1.5°F) per hour provide nine rates of change in the environment, each of which is appropriate for certain curing conditions or stalk positions. These environments (E1–E9) provide a range of conditions similar to that shown in Table 1. In contrast to the information in Table 1, however, variations in E1–E9 are related to time.

- An increase in dry bulb of 0.28°C (0.5°F) per hour for 50 hours from 43.3 to 57.2°C (110–135°F).

E1. Increase wet bulb by 0.56°C (1.0°F) every 5 hours from 35.5°C (96°F) at 43.3°C (110°F) dry bulb to 40°C (104°F) at 54.4°C (130°F) dry bulb; then maintain 40°C (104°F) until dry bulb reaches 57.2°C (135°F).

E2. Increase wet bulb by 1.12°C (2.0°F) every 5 hours from 37.8°C (100°F) at 43.3°C (110°F) dry bulb to 40°C (104°F) at 48.9°C (120°F) dry bulb; then maintain 40°C (104°F) until dry bulb reaches 57.2°C (135°F).

E3. Hold the wet bulb at 40°C (104°F) throughout the dry-temperature increase.

- An increase in dry bulb of 0.56°C (1.0°F) per hour for 25 hours from 43.3 to 57.2°C (110–135°F).
  - E4. Increase wet bulb by 1.12°C (2.0°F) every 5 hours from 35.5°C (96°F) at 43.3°C (110°F) dry bulb to 40°C (104°F) at 54.4°C (130°F) dry bulb; then maintain at 40°C (104°F) until dry bulb reaches 57.2°C (135°F).
  - E5. Increase wet bulb by 1.12°C (2.0°F) every 5 hours from 37.8°C (100°F) at 43.3°C (110°F) dry bulb to 40°C (104°F) at 48.9°C (120°F) dry bulb; then maintain at 40°C (104°F) until dry bulb reaches 57.2°C (135°F).
  - E6. Hold wet bulb at 40°C (104°F) throughout the dry-temperature increase.

- An increase in dry bulb of 0.84°C (1.5°F) per hour for 16.66 hours from 43.3 to 57.2°C (110–135°F).
  - E7. Increase wet bulb by 1.68°C (3.0°F) every 5 hours from 35.5°C (96°F) at 43.3°C (110°F) dry bulb to 40°C (104°F) at 54.4°C (130°F) dry bulb; then maintain 40°C (104°F) until dry bulb reaches 57.2°C (135°F).
  - E8. Increase wet bulb by 1.68°C (3.0°F) every 5 hours from 37.8°C (100°F) at 43.3°C (110°F) dry bulb to 40°C (104°F) at 48.9°C (120°F) dry bulb; then maintain 40°C (104°F) until dry bulb reaches 57.2°C (135°F).
  - E9. Hold wet bulb at 40°C (104°F) throughout the dry-temperature increase.

A diagrammatic representation of these conditions in Fig. 9 also shows RH levels. With rate of dry-bulb advance increasing from 0.28 to 0.84°C (0.5 to 1.5°F) per hour, there is, of necessity, a pronounced increase in rate of RH reduction. Examination of the differences between dry- and wet-bulb temperatures shows that RH level throughout color fixing depends on the initial wet-bulb reading. Where the starting wet bulb is identical, as in E1, E4, and E7, the difference between dry and wet bulbs at each dry bulb is the same, in spite of a pronounced difference in rate of RH reduction. E2, E5, and E8 also are the same in this respect, as are E3, E6, and E9.

E1 to E3, with a rate of increase in dry bulb of 0.28°C (0.5°F) per hour are more appropriate for tips and undertips than for other leaves, particularly if drying rates are slow because of dense loading, nonuniform loading, or nonuniform airflow. Under these conditions, a slow rate of increase in the dry-bulb temperature

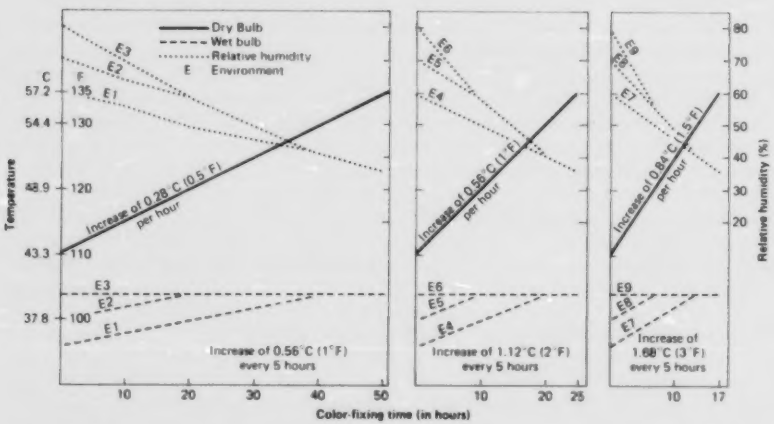


Fig. 9. Environmental conditions for color fixing.

and a slow rate of drying may be necessary to prevent scald. These conditions also can be considered useful for curing leaves from upper stalk positions in containers, where uniformity of airflow is more difficult to achieve than with bulk racks or laths. With a slow rate of increase in dry-bulb temperature and a slow drying rate, yellowing can still proceed for a considerable time in all leaves except those exposed first to incoming air, particularly with condition E3. E1 can be considered useful for curing heavy-bodied leaves in cool weather. In such a situation it may be necessary to complete yellowing at a relatively low temperature, about 32.2°C (90°F) dry bulb or less, in order to prevent green fixation, and then to ventilate and obtain some drying while the dry-bulb temperature is still in the yellowing range, below 43.3°C (110°F). For this reason, E1 starts the color-fixing phase with a low wet-bulb temperature. E2 could be used with leaves yellowed at a maximum of 35–37.8°C (95–100°F) and with less drying below the color-fixing range. E3 can be used for upper leaves, where final yellowing temperatures have been above 37.8°C (100°F) and where there has been little or no ventilation or drying before reaching a dry-bulb temperature of 43.3°C (110°F). Since heavy-bodied leaves in the yellowed state can remain undried for a longer time than yellowed leaves from lower stalk positions without undergoing quality deterioration, E1 to E3 should be used only for upper leaves and then only in special situations. The rate of increase in the dry-bulb temperature for E1 to E3 should be about 0.28°C (0.5°F) per hour, even within the yellowing range. The principal disadvantages of E1 to E3 are long curing time, long turn-around time between kiln loads, and more weight loss than obtained with faster drying.

E4 to E6, with a rate of increase in dry-bulb temperature of 0.56°C (1.0°F) per hour, can be considered suitable for all leaves, but are particularly appropriate for mid-stalk leaves and for leaves at higher positions if loads and airflow are uniform and density is normal. As with E1, E4 could be used where yellowing temperatures must be maintained at a low level to prevent green fixation. E5 and E6 also are equivalent to E2 and E3, respectively, relative to yellowing temperature and amount of ventilation or drying before the color-fixing phase.

E7 to E9, with a rate of increase in dry-bulb temperature of 0.84°C (1.5°F) per hour, can be used for thin-bodied lugs and cutters, particularly if the kiln loads are light and uniform, and airflow is uniform. With respect to maximum yellowing temperature and amount of ventilation or drying before the color-fixing phase, E7 is comparable to E1 and E4, E8 to E2 and E5, and E9 to E3 and E6. The rapid rates of temperature advance and drying in E7 to E9 are appropriate for lugs and cutters, as these leaves must be dried quickly to prevent deterioration in quality.

E1 to E9 each can be varied as long as the variation imposed does not alter the fundamental requirement, which is continuous reduction of RH. For instance, the wet-bulb temperature can increase to 41.1°C (106°F) or even 42.2°C (108°F) after 40, 20, and 13 hours with E1 to E3, E4 to E6, and E7 to E9, respectively, by allowing the wet-bulb temperature to continue to increase at the rates established rather than maintain it at 40°C (104°F). Also, the rate of increase in wet-bulb temperature can be somewhat slower than shown so that the wet-bulb temperature is less than 40°C at the end of color fixing. Allowing higher or lower wet-bulb temperatures than shown has some effect on rate of drying, but rates of drying will be relatively rapid during the latter stages of color fixing, when the wet bulb is 41.1°C (106°F) or less.

The dry-bulb temperature with E1 to E9 can be continuously advanced at the rates indicated as long as the differences in wet- and dry-bulb temperature are close to those shown in Fig. 9, and rate of drying, with respect to leaves on any one tier, is reasonably uniform. In practice, the rate of drying is not completely uniform, and differences in the wet- and dry-bulb temperatures at any particular level may vary considerably. For this reason, it usually is advisable to stop the dry-bulb temperature from increasing when it is about 48.9–51.7°C (120–125°F) and examine the

tobacco for uniformity of drying rate. If the rate is reasonably uniform, the increase can continue. Otherwise, hold the dry-bulb temperature at this level until the amount of drying in slow areas has progressed to the amount observed in fast areas at the time the temperature increase is stopped. This usually requires less than 20 hours. At the same time, ventilation should be continued in an effort to reduce RH. In such a situation an uninterrupted increase could result in leaf damage from scald in slow-drying areas. Such a procedure in effect combines a slow rate of increase and drying, such as with E1 to E3, with a medium rate, such as with E4 to E6.

Progression of color fixing should be such that by the time the dry temperature reaches 57.2°C (135°F), most of the moisture has been removed from the blade tissue of leaves on the inlet side (upper tiers of downdraft and lower portion of bulk kilns). At this time, most of the moisture in the small veins, even in that portion of the midrib toward the tip end of leaves, has been removed and leaves on the inlet side are well curled, with exposed portions of blade tissue dry to touch and less exposed areas dry or leathery in texture. There also should be some evidence of drying on the blade tissue of leaves near the exhaust side. Some curling of leaf edges and leaf tips should be evident, but less exposed areas still have appreciable moisture. If there is little or no evidence of drying near the exhaust side, the temperature of 57.2°C (135°F) should be maintained until the leaves show such physical evidence. Regardless of the procedure followed, if required differences in the dry- and wet-bulb temperatures have been attained during color fixing, the amount of drying achieved by the time the dry temperature reaches 57.2°C (135°F) normally is sufficient; dry temperature then can be increased and RH reduced still further for final drying.

Final drying. Because midribs of leaves are more difficult to dry than the blade tissue, temperature must be increased and RH reduced to speed up drying. Although final drying of midribs could be done at 57.2°C (135°F), the time required is economically prohibitive. Increasing the dry-bulb temperature in final drying usually does not cause difficulty in achieving a rapid rate of RH reduction and of drying. By this time most of the moisture has been removed from the leaves, the air is low in RH, and the drying capacity of the air increases rapidly. Full ventilation during this phase is unnecessary to attain a rapid rate of drying, and ventilation should be gradually reduced to minimize heat loss from the kiln. Because of the low moisture content of leaves in final drying, temperatures can be increased more rapidly than in color fixing without a concern about scald. Nevertheless, it is important to restrict rate of increase of dry-bulb temperature to about 1.12°C (2°F) per hour or less, as failure to reduce RH quickly enough can result in some reddening or darkening of the base color.

The specific procedure followed in final drying depends partly on that followed in color fixing, because the final RH in color fixing is not always identical. In general, differences in wet- and dry-bulb temperatures at this time are 16–19°C (29–34°F) and RH is 31–39%. In final drying the single most satisfactory rate of increase in the dry-bulb temperature is 0.84°C (1.5°F) per hour. (A rate of 0.56°C also can be used, but we are considering only 0.84°C (1.5°F) here because one rate minimizes the options available and simplifies drying procedure.) The aim in final drying is to increase dry-bulb temperature from 57.2°C (135°F) to about 72.8°C (163°F) at a rate of 0.84°C (1.5°F) per hour while decreasing RH from 31 to 39% at the outset, to a final level of 22–25%. To achieve this objective, simply increase wet-bulb temperature from a low of about 38.3°C (101°F) or a high of about 41.1°C (106°F) at the end of color fixing to a low of 44.4°C (112°F) or a high of 46.6°C (116°F) at the end of curing by as little as 0.84°C (1.5°F) every 5 hours and by as much as 2.24°C (4°F) every 5 hours. Little difficulty normally is experienced in achieving the required wet-bulb readings with an increase in the dry-bulb temperature. In fact, it usually

is necessary to gradually close the intake ventilator to maintain wet-bulb readings as high as indicated. Because of the enormous drying capacity of high temperature combined with low RH in the air, drying can proceed rapidly over a wide range of RH levels. Therefore, there is little or no advantage with respect to curing time in permitting full ventilation and lower wet-bulb readings than indicated. If wet-bulb readings are too high during this phase, however, the tissue may redden. Leaf tissue also may redden if the dry temperature is allowed to exceed 76.6°C (170°F) or if final drying must be prolonged because of unequal drying in various parts of the kiln.

The most difficult aspect of final drying is determining the time that curing is complete. If airflow is obviously not uniform, then slow-drying areas are the last to be completely dried. When slow-drying areas are in nonaccessible parts of the kiln, it is difficult to determine when the cure should be terminated. In such cases the curer usually knows from experience how much time must be provided past the time that accessible areas are completely dried. In the interest of fuel savings, heat should be discontinued as soon as possible. It is well to remember, however, that undried midribs remaining at the end of the cure and placed in storage not only spoil but also affect adjacent well-dried leaves. If there are only a few undried leaves, they can be discarded before storage without incurring substantial loss of yield. If there are many undried leaves, it may be necessary to reheat the tobacco. The latter procedure not only increases turn-around time between kiln loads but may even result in field loss if it takes place when the leaves should be harvested to avoid loss from frost. Also, reheating the tobacco is costly in terms of fuel use. It is advisable to provide at least 6 hours more time in final drying than necessary in order to avoid these problems.

Curing under special conditions

Wet weather. Curing is difficult and costly during periods of wet weather. Under such conditions inlet air may be at or near 100% RH. Heating such air in the kiln lowers the RH and increases moisture-holding capacity and drying potential, but more heat is required to heat such air than the same amount of drier air. Also, moist inlet air has less drying potential than drier inlet air when both have been heated to the same temperature, because RH of moist air remains higher. The drying potential of moist and dry inlet air is equivalent only if RH of moist air is lowered by extra ventilation and heat. The low drying potential of moist inlet air may, of course, be an advantage in the yellowing phase if difficulty is experienced in maintaining RH levels high enough to prevent green fixation.

In wet weather the high moisture content of leaves and excessive free water on them adds to the difficulty and cost of curing. Removal of this excess moisture requires extra heat. Furthermore, it is often difficult to achieve initial drying or wilting of wet leaves, which are stiffer and more turgid than drier leaves, because it is difficult to move air through the former. Difficulties in obtaining good circulation through the tobacco may lead to curing problems. These include color degeneration resulting from excessive moisture levels or slow drying. Because of renewed nutrient uptake, leaves harvested in wet weather may also revert to a less mature state. Leaves so affected may be high in nitrogen and starch and low in sugar, and the disappearance of chlorophyll and unmasking of yellow coloration in the yellowing phase may be accompanied by a rapid change to brown coloration. Such color degeneration usually occurs part way through yellowing, before the chlorophyll level has been reduced enough to justify initiation of the color-fixing phase. This problem, often referred to as second growth, is more likely to occur if organic matter levels in the soil or additions of direct fertilizer are high, or if amounts of irrigation water and rainfall are lower than normal during the season. Conversely, crops exposed to higher than normal amounts of rainfall or irrigation during the season are less likely to revert

to a less mature state in wet weather. However, such crops generally lack body and grain and produce a high percentage of pale or gray grades, particularly if the soil has a low level of organic matter. If it is necessary to harvest in wet weather, reduce kiln load, increase ventilation, and yellow at a higher temperature than normal.

Dry weather. When the weather is unusually dry at time of curing, it is difficult to maintain high enough RH levels in yellowing to prevent green color fixation. If rainfall and irrigation during the season have been insufficient, the leaves may be small, slow to mature, and low in moisture. It may be necessary to increase kiln load above normal to ensure that enough moisture is present for satisfactory yellowing. This adjustment is particularly important for the upper primings, which, as a result of late maturity and possible exposure to low or chilling temperatures, may be unusually low in moisture. Drying of leaves is less of a problem in dry weather than in wet.

Prolonged dry weather in the harvest period can also result in damage from dry-weather bruising.

Chilled tobacco. Tobacco is often exposed to low or freezing temperatures during the latter part of the season. Frost-damaged tissue, which turns brown or reddish brown, is dead and worthless after curing. Leaves exposed to low, nonfreezing temperatures may appear normal, but because of low moisture may dry prematurely in the yellowing phase before the chemical changes associated with yellowing have taken place. To cure chilled tobacco, load the kilns heavily, maintain a high RH in yellowing by keeping ventilators closed, maintain a lower yellowing temperature than normal, and add moisture, if necessary. Added moisture should take the form of a fine mist, such as that obtained from humidifiers or nozzles operated at high pressure. Low-pressure steam also can be injected periodically into the kiln for this purpose, but the extra heat of steam may speed up drying and may therefore be harmful unless the periods of steam injection are short.

Windy weather. Wind may increase the heat on the leeward side of the kiln and decrease it on the windward side, particularly in poorly insulated kilns. Under these conditions, the tissue may darken because of scald or overyellowing. To counteract the effect of wind, protect kilns with windbreaks and insulate them.

Overloaded kilns. If a kiln contains too much tobacco the air cannot circulate efficiently enough to force the leaves to wilt. In such a situation it is important to establish air circulation as soon as possible after harvest and loading. The volume of airflow should be minimal at first, particularly with bulk kilns. In general, overloaded kilns should be yellowed as if the tobacco were exposed to wet weather at harvest. The tobacco should be yellowed at as high a temperature as possible to induce wilting and improve circulation. For the first 24 hours, before much yellowing has occurred, increase the temperature from ambient to about 35°C (95°F). After yellowing has started, increase the temperature to about 40.5°C (105°F). Meanwhile, try to obtain wet-bulb readings on the inlet side that are about 1.7–2.2°C (3–4°F) lower than dry-bulb readings. The rapid elevation of yellowing temperature should help to achieve this difference, but it may also be necessary to ventilate more than normal. Too much ventilation at this time should be avoided, as it may inhibit air circulation and cool tobacco at the exhaust side, causing moisture condensation. If, in spite of these procedures, circulation is insufficient to wilt the tobacco, flash the temperature from the yellowing range to about 51.7°C (125°F) and back down to the yellowing range over a period of about half an hour in an effort to force air through the leaves. Repeat this procedure, if necessary.

Underloaded kilns. If there is not enough tobacco to fill a kiln at the end of the season, treat the tobacco as if it had been chilled. If possible, maintain a difference of 1.7–2.2°C (3–4°F) between wet- and dry-bulb temperatures by keeping ventilators closed, by introducing moisture, and by yellowing at 35°C or less, if necessary.

Immature leaves. Immature leaves take longer than normal to yellow, and once yellowed change more rapidly than mature leaves to an undesirable brown. The change is slower in leaves from higher stalk positions, so that it is usually less difficult to cure immature leaves at high stalk positions than at low ones. Grossly immature sand lugs, for instance, turn brown rapidly on yellowing, and it is difficult to dry them quickly enough to preserve the yellow color. When curing immature leaves, yellow longer and dry more rapidly than normal.

Effects of improper curing procedure

Some typical effects of improper curing procedure are shown in Figs. 10–21.

Green fixation. Temperatures above 43.3°C (110°F) kill the tissue and prevent the chemical changes responsible for yellowing. If the temperature exceeds 43.3°C (110°F) before the leaves are completely yellow, green fixation occurs. The amount of green depends on progression of yellowing. Temperatures higher than 43.3°C (110°F) for a few hours early in yellowing can cause complete green fixation. The temperature within the leaves is the most important factor. This temperature may be up to 6°C (10°F) lower than that of the air on the inlet side of the tobacco because of cooling by evaporation. Therefore, it often is possible, particularly with densely packed bulk kilns, to exceed 43.3°C (110°F) in free air below the tobacco, where the environment is measured, without causing green fixation in the tobacco.

Green is also fixed at temperatures below 43.3°C (110°F) if excess moisture is removed from kilns by premature drying. A relatively high level of moisture in the leaves is necessary to maintain life and thereby permit yellowing to proceed. Green is highly undesirable and should be eliminated in curing, even if such elimination results in some darkening of leaf tissue.

Browning. One of the chief causes of browning is overyellowing of leaves. The leaves are kept alive to allow the chemical reactions responsible for yellowing to occur, but after the leaves turn yellow, browning occurs unless the leaf tissue is killed to prevent further chemical change. Browning because of overyellowing is particularly prevalent when all leaves are not equally ripe at harvest. In such instances browning occurs in the riper leaves before other leaves are completely yellow. Chemical reactions responsible for yellowing and browning proceed more rapidly in the thin leaves from lower stalk positions than in the thick leaves from upper stalk positions. Therefore, the lower leaves must be dried more quickly on completion of yellowing. If the leaves are very thin and immature they cannot be dried quickly enough to prevent browning. To prevent browning because of overyellowing, leaves must be uniformly ripe at harvest and be dried quickly in the color-fixing phase.

The best rate of drying in the color-fixing phase is achieved by increasing temperature and reducing RH at the same time. The rate of drying may be too slow if the RH is reduced quickly while temperature is increased only slightly or not at all, or if the RH changes little while temperature is increased. Too much reliance is often placed on an increase of temperature to dry the leaves. This may cause a type of browning referred to as scald. To prevent scald, base the rate of temperature increase on the rate of reduction in RH or on the rate of increase in the difference between dry- and wet-bulb hygrometer readings. The faster this difference can be increased, the more rapidly the temperature can be advanced without causing scald.

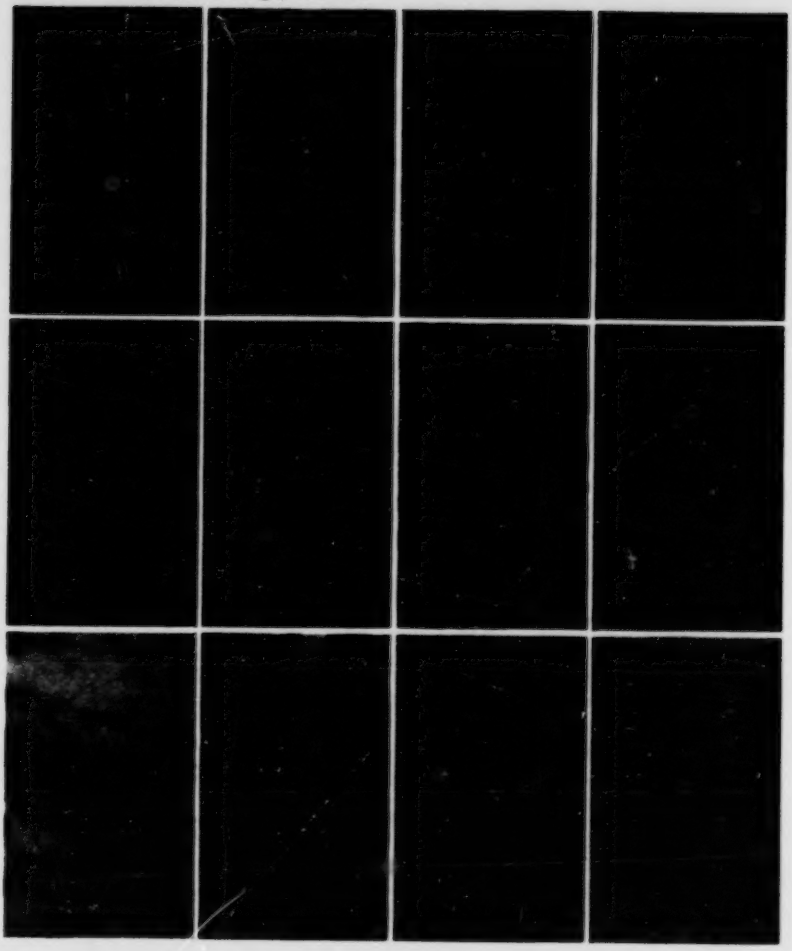


Fig. 10. Typical clear appearance of leaf yellowed at 35–40.6°C (95–105°F).

Fig. 11. Green fixation in leaf exposed to less than 75% RH in yellowing.

Fig. 12. Characteristic small spots and browning from yellowing at 29.4°C (85°F).

Fig. 13. Spots resembling weather fleck on lugs yellowed under conditions of high moisture and poor air circulation.

Fig. 14. Browning caused by overyellowing.

Fig. 15. Browning in lamina caused by scald.

Fig. 16. Browning along veins caused by scald.

Fig. 17. Sponge associated with temperature variation in yellowing combined with high moisture, poor air circulation, and slow drying.

Fig. 18. Splotching caused by yellowing at high moisture and temperature.

Fig. 19. Severe splotching.

Fig. 20. Scorch caused by prolonged drying or drying at temperatures above 76.6°C (170°F).

Fig. 21. Runback caused by drop of temperature during color fixing or final drying.

Sponge. Sponge appears as a light brown to brown mottled discoloration on the leaves. In contrast to browning, which appears as a solid color over parts of affected leaves, sponge is less intensive and lighter in color, although sponge on upper stalk positions may be relatively dark. In thin, bright leaves sponge may appear as gray. Sponge occurs as a result of prolonged yellowing, too slow a rate of drying in color fixing, or exposure of leaves to alternate heating and cooling in yellowing. Sponge usually is prevalent with natural-convection curing but is much less common with forced-air curing, particularly with the high-volume airflow associated with bulk curing. The use of forced air apparently provides a rate of air movement fast enough to prevent sponge. Leaves yellowed in piles or boxes with no air circulation are also relatively free of sponge, and it would appear that sponge is the result of chemical reactions with oxygen. Sponge may not appear in densely packed areas of bulk-cured leaves, even under conditions of slow drying, because of low oxygen supply. Browning caused by overyellowing is also slow to appear under such conditions.

Although sponged leaves are similar to leaves categorized as gray, they appear under different conditions than those resulting in gray leaf. Being similar in appearance, sponge often is categorized as gray, but the latter usually is caused by premature color ripeness in the field as a result of low nitrogen, micronutrient imbalance, or improper use of Ethrel.®

Splotching. Splotching appears as very dark brown spots or irregular-shaped areas during the latter part of the yellowing phase or in the the early part of the color-fixing phase. It is often referred to as moisture spot. Splotching occurs in yellowing or early color fixing when condensed moisture is present on the leaves and is the result of insufficient ventilation, improper use of ventilators, and heavy loading of kilns. Severity, which can vary from a few small spots on some leaves to complete color degeneration of whole leaves, depends on the amount of free moisture and time of exposure to such conditions. To prevent splotching, follow recommended kiln-loading and curing practices.

Scorch. Dry leaf tissue reddens or becomes scorched within a few hours if exposed to temperatures above 76.6°C (170°F). Leaves also become scorched if exposed to a final temperature above 71°C (160°F) for a prolonged period. Such exposure may be necessary to complete drying of midribs as a result of cool, windy weather in poorly insulated kilns, or because of poor air-distribution patterns. The latter may occur because of kiln structure or loading practices. Leaf tissue also is prone to reddening if RH levels are maintained higher than normal during late color-fixing and final drying, particularly if the leaves are thin. Since redness is undesirable, keep the upper temperature at 74°C (165°F) or lower, insulate kilns, load uniformly, improve uniformity of air circulation, and maintain recommended wet- and dry-bulb temperatures during color fixing and final drying.

Small spots. Dark-colored spots similar in appearance to weather fleck often appear on the leaves during the yellowing phase. Like weather fleck, the spots are most prevalent on the lower leaves. They may occur at high levels of RH in all parts of a kiln and with most types of curing systems and kilns. The similarity to weather fleck indicates that air pollution may be at least partly responsible. The logical source of such pollution is the products of combustion, and little of such spotting occurs when products of combustion do not come in contact with the tobacco. Another spot appearing in yellowing is smaller than the previous type, may be black or green, and may appear at all stalk positions. These small spots appear to be immature areas that are difficult to yellow at a low yellowing temperature, as there usually is little or no evidence of such spots when leaves are yellowed within the recommended range of 35–40.6°C (95–105°F). The color of these spots depends on RH in yellowing; it is black at high RH and greenish at low RH. Spots may also appear on leaves at upper stalk positions treated with ethylene gas, particularly if RH is maintained at a high level during and immediately after the gas-generation period. The same conditions that give rise to discrete spotting in upper leaves may cause nondiscrete browning of large areas of tissue on thinner leaves at low and middle stalk positions. Spotting is minimized when most of the leaves are yellowed at 35–40.6°C (95–105°F), when leaves are ripe at harvest, and when recommended wet- and dry-bulb differences are maintained.

Runback. Runback is a band of darkened tissue along each side of the midrib. Occasionally, it is seen along lateral and secondary veins as well. It occurs during late color fixing or early final drying if there is a substantial decrease in temperature when midribs and veins are drying and adjacent blade tissue is dry. The stem juices are absorbed by dry blade tissue, causing a dark discoloration. The condition can occur if the furnace is inoperative because of power failure, lack of fuel, or mechanical breakdown.

Diseases in curing

Pole rot, the main disease encountered in curing, is a soft rot caused by the fungus *Rhizopus arrhizus*. It is most prevalent in moist, slow-drying areas of the kiln in comparatively unexposed portions of the midrib and lamina. The main sites of infection (Fig. 22) are on the midribs and adjacent lamina, at the point of string attachment, on the lower tiers of downdraft lath kilns, and on the midribs and adjacent lamina on the upper tier of bulk rack kilns or upper portion of bulk container kilns. High RH and high temperature—about 29–43°C (84.2–109.4°F)—in the kiln during yellowing favor development of the disease. However, the disease usually develops and spreads slowly, even under ideal conditions. Although any further development is arrested when temperature is raised and RH reduced in the color-fixing phase, spores may remain viable even at the high temperatures used in final drying and may cause reinfection during storage or during the yellowing phase of subsequent cures.

The organism causing pole rot is so abundant that all farms might be expected to be equally susceptible. However, that is not the case. Occurrence may be related to spore population in the soil, cultural or growth factors, carry-over of spores in kilns and on equipment such as racks and laths, type of kiln or curing system, kiln load, or methods of curing. It is known that the incidence of pole rot is reduced by good air circulation in the yellowing phase, by preventing water condensation on leaves, and by avoiding unusually high RH levels. Although a short yellowing time normally is advantageous in reducing the incidence of the disease, susceptibility is often greater for ripe leaves (short yellowing time) than for less mature leaves (longer yellowing time). This indicates that chemical composition of the leaves may be a factor. It is

Fig. 22. Leaves infected with pole rot.

possible that tissue with a high sugar level, such as ripe leaves, provides a better medium for growth and development than tissue with low sugar, such as immature leaves. Factors that contribute to poor or nonuniform air circulation in kilns also increase the incidence of pole rot, as portions of the kiln receiving little air movement may be exposed to high RH and abundant condensed moisture on the leaves. Among such factors are heavy kiln loads, extra-large leaves, nonuniform loading, failure to initiate airflow through the leaves soon enough, failure to wilt leaves, and inadequate insulation. Additional factors are kiln structure and curing system. Airflow may be more uniform in some curing systems than in others or fan capacity may be insufficient to provide enough uniform airflow to dry the leaves quickly in color fixing. Spore contamination of kilns and equipment may increase pole rot severity in some instances, and spraying of the kiln interior and equipment, particularly laths, with a 5–10% solution of formalin well before the curing season may be beneficial. Laths also can be dipped in the solution. Wear protective clothing and breathing gear to avoid contact with the liquid or inhalation of fumes. Kilns should be kept closed for several days after treatment to permit good fumigation. Laths or other equipment should also be kept in a closed environment for several days. Treated kilns and equipment should be dry and well ventilated before use. For reasons of health and quality control of tobacco, formalin or its fumes should not come in contact with tobacco. The chemical should therefore not be used in curing. Damage can be extensive in leaves exposed to the formalin fumes, and in a kiln treated with 4.54 L of 37% formalin (Fig. 23) all leaves were affected; the material had not been applied to the leaves, and damage resulted from the fumes. In addition, pole rot infection was still evident in some leaves. Other factors known to affect incidence of pole rot are the amount of leaf injury at harvest and in the field. Stitching leaves on laths or spiking them in racks or bins provides infection sites. Infection may even start in the field at sites of broken tissue or tissue damaged by sucker control, particularly during wet or cloudy weather. Cultural and growth factors also may influence the amount of pole rot infection, either by contributing to the infected or damaged tissue before harvest or by affecting the rate of development in curing. Whether or not differences in spore population within soils on various farms is a factor in pole rot infection is unknown.

A bacterial soft rot caused by *Erwinia carotovora* occasionally appears in kilns. The disease may develop and spread more rapidly than pole rot, particularly in a high RH environment, and loss of quality can be excessive. The disease originates in the field and appears on the undersides of leaves as a brown discoloration of all

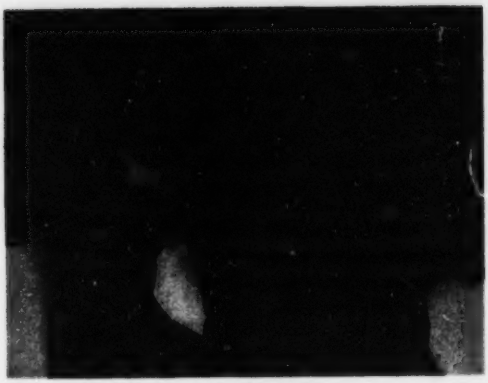


Fig. 23. Leaf damaged by fumes from formalin.

or part of the midrib. The organism normally infects stalk tissue and may extend to the leaf midribs. To prevent trouble in curing, discard diseased leaves (Fig. 24) found when harvesting and kiln loading and remove infected plants from the field.

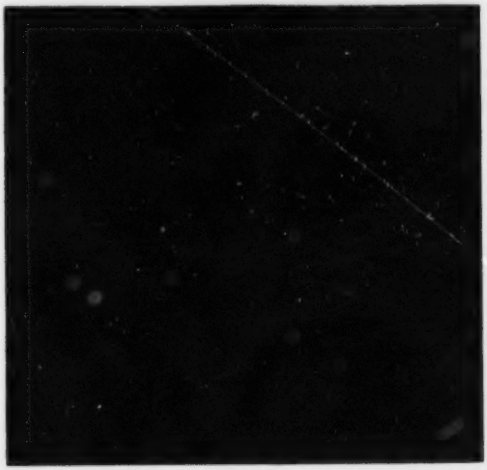


Fig. 24. Midrib of leaf infected with *Erwinia carotovora*.

CASING

Postcure conditioning or casing of tobacco, whereby the dried leaves absorb moisture, is essential before moving leaves from the kiln. Otherwise, the tissue shatters. Ideally, the leaves can be cased naturally by opening the kiln doors at night and permitting the leaves to absorb moisture from the air. The natural method is appropriate for lath curing, where sufficient space between laths and leaves permits permeation of moist outside air through the kiln. This method is less effective with downdraft than with natural-convection kilns because of the extra kiln openings (ridge and bottom vents, and gable-end doors) of the latter. Natural casing is usually inappropriate for bulk kilns because of the density of leaf packs. It is also unsuitable for lath kilns

when the outside air is cool or dry. Occasionally, forced-air kilns (bulk and downdraft) can be cased with the fan in operation to pass moist, warm air through the kiln. In most instances artificial means must be used for bulk kilns.

At the end of the cure, the dried leaves still contain about 5% bound moisture. In casing, leaves must gain enough additional moisture to facilitate handling without causing loss by shattering. However, the amount of moisture taken up should not be so high as to cause problems in storage. The optimum moisture level for both purposes is 16–19%, but if bales or piles in storage are exposed to high RH conditions, the original moisture level may be increased and spoilage may occur. Risk of leaf spoilage generally increases with time in storage, especially if the tobacco must be stored during warm weather and high RH, when there is risk of moisture absorption. Plastic shrouds covering bales or piles help prevent change of moisture in storage, and bales stored in bulk kilns can be subjected to airflow to reduce amount of absorbed moisture. Because of longer storage and exposure to high temperature and RH in storage, leaves at low stalk positions are particularly susceptible to storage loss. Such loss is aggravated at a high leaf-moisture content and even at low leaf-moisture content if midribs contain a high level. In fact, loss is common in low-quality leaves at low stalk positions because the low hygroscopicity (poor moisture absorption capacity) of lamina containing substantial dead tissue prevents moisture equilibration (equalization of moisture levels in midrib and lamina). As a result, mold may develop at the midribs. It is well to remember that hygroscopicity varies considerably with grade. Certain grades do not attain 16–19% moisture, even with extended casing. Invariably, with such grades the midribs are much more hygroscopic and continue to absorb moisture while an attempt is being made to case the lamina. Although it is desirable to achieve 16–19% moisture in both lamina and midrib, it is not always possible with low-quality leaves. Normally, midribs take longer than the lamina to reach the 16–19% moisture level, unless the lamina contains a lot of dead tissue. The lamina also loses case more readily than do midribs. As a general rule, leaves should be cased until the midribs become pliable but still retain slight rigidity. Determination of the correct moisture level is a matter of experience. Lamina that contains a correct moisture level is somewhat rougher to the touch and more resistant to compression or folding than over-cased lamina.

Techniques used in artificial casing vary widely. Usually, the kiln and contents are allowed to cool to ambient temperature; then moisture is introduced into the recirculated air stream in the form of low-pressure steam, a coarse spray of water under low pressure, or a fine mist of water under high pressure. Casing also can start immediately after turning off the heat. This last method is appropriate for casing with water and has the advantage of speeding up the cooling process. The use of steam in such a situation may be less effective because heat contained in the steam may keep temperatures too high for effective casing. Low-pressure steam is more appropriate when starting with a cooled-down kiln, but excessive use of steam can also raise the temperature too high for effective casing. Intermittent introduction of steam to a cooled-down kiln, under the control of a humidistat or electronic measurement of leaf moisture content, is an effective means of achieving artificial casing. Good results can also be obtained by introducing a fine mist during the cooling-down period or after the kiln has cooled to ambient temperature. In the latter instance, application of some heat is beneficial. Low-pressure water sprays are less effective both in time of casing and level of moisture attained.

To achieve satisfactory moisture levels in both lamina and midrib, artificial casing is best done over a period of 18 hours or more. In a short casing period, even with a relatively high RH environment, midribs may be inadequately cased. Nevertheless, it may sometimes be necessary to case the leaves in as little as 7 hours if the kiln space is required for another load. In short-term casing the RH is maintained

at a higher level than if the casing period is 18 hours or more. In a 7-hour period appropriate casing environments are as follows:

- 23.9°C (75°F) dry bulb, 22.9°C (73°F) wet bulb to give 90% RH.
- 29.4°C (85°F) dry bulb, 27.4°C (81°F) wet bulb to give 85% RH.
- 35.0°C (95°F) dry bulb, 32°C (90°F) wet bulb to give 82% RH.
- 40.5°C (105°F) dry bulb, 37.5°C (99°F) wet bulb to give 80% RH.

The above conditions may need modification to provide slightly higher RH levels if the tobacco lacks hygroscopicity or is low in quality, or slightly lower RH levels if the tobacco is highly hygroscopic and high in quality. Hygroscopicity of tobacco varies somewhat with season as well as with grade. Imposition of the above environments for longer than 7 hours may result in overcasing.

It is safer to subject tobacco to a lower RH environment for a longer period in order to achieve equilibrium moisture, which is the maximum level attained regardless of the length of the casing period. This maximum level depends mainly on temperature and RH of the environment. Appropriate casing environments for this purpose are as follows:

- 29.4°C (85°F) dry bulb, 26.7°C (80.5°F) wet bulb to give 82% RH.
- 35.0°C (95°F) dry bulb, 31.5°C (89°F) wet bulb to give 80% RH.

The above conditions also may need to be modified slightly to compensate for differences in grade or hygroscopicity among kiln loads and years.

CONVERSION FACTORS FOR METRIC SYSTEM

Imperial units	Approximate conversion factor	Results in:	
LINEAR			
inch	x 25	millimetre	(mm)
foot	x 30	centimetre	(cm)
yard	x 0.9	metre	(m)
mile	x 1.6	kilometre	(km)
AREA			
square inch	x 6.5	square centimetre	(cm^2)
square foot	x 0.09	square metre	(m^2)
acre	x 0.40	hectare	(ha)
VOLUME			
cubic inch	x 16	cubic centimetre	(cm^3)
cubic foot	x 28	cubic decimetre	(dm^3)
cubic yard	x 0.8	cubic metre	(m^3)
fluid ounce	x 28	millilitre	(mL)
pint	x 0.57	litre	(L)
quart	x 1.1	litre	(L)
gallon	x 4.5	litre	(L)
WEIGHT			
ounce	x 28	gram	(g)
pound	x 0.45	kilogram	(kg)
short ton (2000 lb)	x 0.9	tonne	(t)
TEMPERATURE			
degrees Fahrenheit	(°F-32) x 0.56 or (°F-32) x 5/9	degrees Celsius	(°C)
PRESSURE			
pounds per square inch	x 6.9	kilopascal	(kPa)
POWER			
horsepower	x 746	watt	(W)
	x 0.75	kilowatt	(kW)
SPEED			
feet per second	x 0.30	metres per second	(m/s)
miles per hour	x 1.6	kilometres per hour	(km/h)
AGRICULTURE			
gallons per acre	x 11.23	litres per hectare	(L/ha)
quarts per acre	x 2.8	litres per hectare	(L/ha)
pints per acre	x 1.4	litres per hectare	(L/ha)
fluid ounces per acre	x 70	millilitres per hectare	(mL/ha)
tons per acre	x 2.24	tonnes per hectare	(t/ha)
pounds per acre	x 1.12	kilograms per hectare	(kg/ha)
ounces per acre	x 70	grams per hectare	(g/ha)
plants per acre	x 2.47	plants per hectare	(plants/ha)

Le séchage du tabac jaune au Canada

PUBLICATION 1312/F On peut en obtenir des exemplaires à la Direction générale des communications, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7.

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987
N° de cat. A53-1312/1987F ISBN: 0-662-94577-8
Impression 1971 Révision 1987 .650M–11:87

Also available in English under the title
Curing flue-cured tobacco in Canada.

TABLE DES MATIÈRES

Pour un bon séchage, 4

Introduction, 5

Culture du tabac, 5
- Culture des plantules, 5
- Repiquage au champ, 6
- Concentration d'azote dans le sol, 6
- Irrigation, 7
- Écimage, 7
- Agents de maturation, 8

Préparation des feuilles pour le séchage, 8
- Cueillette, 8
- Mise sur lattes et en contenants pour séchage en vrac et introduction dans les séchoirs, 11

Installations et équipement de séchage, 12
- Séchoirs et systèmes de séchage, 12
- Mesure de la température et de l'humidité relative, 15
- Économie d'énergie, 18

Séchage, 19
- Principes, 19
- Techniques courantes de séchage, 21
- Séchage en conditions spéciales, 34
- Effets des mauvaises conditions de séchage, 36
- Maladies survenant lors du séchage, 40

Réassouplissement, 43

POUR UN BON SÉCHAGE

- Utiliser des plantules résistantes et robustes, possédant un bon système de racines, qui survivent bien dans le champ et produisent des récoltes uniformes et hâtives.
- Lutter contre les dommages causés par les maladies, les insectes et les nématodes, qui entraînent une croissance non uniforme des pieds de tabac ou un mûrissement inégal provoqué par la nécessité de faire de nombreux repiquages.
- Uniformiser la fertilité des champs par l'emploi dans les zones peu fertiles d'engrais et de méthodes de fertilisation différents de ceux utilisés dans les zones très fertiles.
- Ajouter un engrais azoté directement sur le tabac et indirectement en l'appliquant sur les céréales cultivées en rotation et incorporer de la paille pour maintenir la couleur verte jusqu'à ce que les feuilles aient suffisamment mûri.
- Irriguer au bon moment et en quantités suffisantes.
- Écimer dès que possible à une hauteur d'au plus 17 ou 18 feuilles.
- Cueillir dès que possible deux ou trois feuilles du pied, de la base et du milieu de chaque pied de tabac, mais réserver sept ou huit feuilles du sommet ou situées immédiatement en dessous pour les deux cueillettes finales.
- Éviter de cueillir des feuilles lorsqu'il pleut ou dans les deux ou trois jours qui suivent une bonne pluie ou une irrigation importante.
- Cueillir les feuilles possédant à la fois la bonne couleur et la bonne maturité.
- Manipuler les feuilles soigneusement pour ne pas provoquer des lésions et des mâchures.
- Faire varier le nombre de feuilles par latte ou le poids de feuilles par cadre ou contenant utilisé pour le séchage en vrac, selon la cueillette en feuilles, la taille et la maturité des feuilles et les conditions atmosphériques, tout en cherchant à maintenir des aspects uniformes dans les lattes, les cadres ou les contenants d'un chargement.
- Employer des séchoirs hermétiques et bien isolés.
- Contrôler la température et l'humidité relative de l'air de ventilation (au-dessus du tabac pour le séchage par le haut et à la base pour le séchage en vrac) pendant toute la durée du séchage, en utilisant un hygromètre, des thermistors ou des palpeurs thermométriques électroniques.
- Maintenir en bon état les séchoirs et les systèmes de séchage et de contrôle.
- Maintenir un milieu de séchage et une ventilation permettant d'obtenir un jaunissement, une fixation de couleur et un séchage final optimums à moindre coût et avec un minimum de risques de maladie de séchage.
- Éviter de surhumidifier le tabac séché lors du réassouplissement.

Le séchage du tabac jaune au Canada

E.K. WALKER[1] et D.A. STIER[2]
STATION DE RECHERCHES
DELHI (ONTARIO)

INTRODUCTION

La facilité de séchage et la qualité finale des feuilles de tabac séchées à l'air chaud dépendent plus des caractéristiques de la plante, des méthodes de cueillette et de chargement, des conditions météorologiques et des installations de séchage que de la méthode de séchage. Les feuilles pouvant être transformées en un produit de qualité élevée après séchage peuvent être facilement détériorées par des méthodes de séchage inappropriées, tandis que les feuilles de qualité inférieure ne sont pas améliorées par un séchage approprié. Les conditions qui nuisent à une circulation d'air appropriée et uniforme ou au maintien des conditions du milieu, comme un excès d'humidité sur les feuilles, une charge inégale ou excessive dans les séchoirs et des séchoirs mal isolés, rendent plus difficile l'obtention de conditions souhaitables dans ce milieu. De plus, les feuilles cueillies doivent avoir atteint la maturité en ce qui concerne leur âge et leur couleur pour que le produit séché présente la couleur optimale. Les feuilles cueillies qui ne possèdent pas ces caractéristiques peuvent présenter un jaunissement incomplet et une coloration indésirable verte, brune, grise ou rouge et ce, indépendamment de la méthode de séchage utilisée. La qualité finale du produit séché est tributaire de nombreux facteurs, dont les plus importants sont examinés dans la présente publication. Vu le coût élevé de l'énergie utilisée pour le séchage, on cherche aussi à faire des économies à cet égard pendant les opérations de séchage et pendant la construction du séchoir.

CULTURE DU TABAC

Culture des plantules

L'utilisation de plantules robustes et résistantes possédant un bon système de racines est très importante si on veut obtenir des plantes uniformes ayant atteint la maturité. Ces plantules survivent bien, s'établissent rapidement et mûrissent tôt au champ. L'utilisation de plantules non endurcies, possédant des tissus succulents, des tiges longues et minces et une masse de racines proportionnellement faible par rapport à la masse totale, entraîne une croissance hâtive et irrégulière, nécessite de nombreux repiquages (ce qui donne de jeunes plantes au moment de la récolte), donne des plantes de maturité variable, provoque un mûrissement tardif et, en raison de l'immaturité et du manque d'uniformité, une fixation incomplète et variable de la couleur lors du séchage, et enfin donne un produit de faible qualité.

Certains facteurs, tels que le nombre de plantules dans les semis, qui est ensuite modifié par la qualité et la taille des graines, la densité de semis, les méthodes de gestion de la serre et les techniques d'endurcissement, influent sur la capacité des plantules cultivées en serre à survivre et à se développer rapidement et uniformément

[1] Chercheur agronome, Agriculture Canada
[2] Ingénieur chercheur, Delhi Engineering Research Group

au champ. Avec de bonnes méthodes de gestion, on peut facilement atteindre une densité de population de 1184 à 1400 plantules par mètre carré. Ces méthodes de gestion comportent une densité de semis d'environ 1 g/8,5 m^2, ainsi qu'une couverture de vermiculite et un arrosage fréquent et léger pour maintenir humide la surface du milieu de culture pendant la germination et au début de la croissance. Au cours des deux semaines précédant la transplantation, le taux de croissance de jeunes plants doit être restreint en réduisant la quantité d'eau et en augmentant la ventilation. D'autres mesures, comme tailler les plantes et plus particulièrement remuer la terre des semis, sont utiles pour renforcer les plantules et favoriser un taux de survie élevé, une croissance hâtive et uniforme et un mûrissement hâtif. La culture en contenants produit des plantules présentant des caractéristiques encore meilleurs, en ce qui concerne le taux de survie, l'uniformité de croissance et le mûrissement hâtif, que la culture en lits.

Repiquage au champ

Le taux de survie, la vitesse d'implantation et la croissance hâtive, ainsi que le temps nécessaire pour atteindre la maturité au champ sont aussi influencés par des facteurs autres que les caractéristiques des plantules. Parmi ces facteurs, il y a le moment du repiquage, les conditions météorologiques et le taux d'humidité du sol au moment du repiquage, et le nombre d'insectes et de nématodes dans le champ avant le repiquage. Le mûrissement hâtif, la qualité des feuilles et la facilité de séchage sont généralement améliorés lorsque le repiquage est fait aussitôt que possible. Toutefois, un repiquage hâtif augmente aussi le risque de dommages par le gel, d'implantation lente et de dommages aux racines et aux tiges par des maladies, en raison du temps frais ou d'un taux d'humidité élevée dans le sol. Le repiquage doit être achevé avant la fin mai et il faut suivre les méthodes recommandées pour lutter contre les insectes et les nématodes afin d'obtenir une récolte uniforme et une durée de mûrissement et des conditions de séchage idéales.

Concentration d'azote dans le sol

Le maintien d'une concentration appropriée d'azote dans le sol constitue l'un des problèmes les plus importants et les plus difficiles de la culture du tabac jaune. Une concentration trop élevée prolonge la croissance végétative et donne des feuilles larges et minces à faible teneur en sucres au moment de la récolte; elles jaunissent lentement et incomplètement pendant le séchage et ne peuvent être séchées assez rapidement pour empêcher un passage rapide du jaune au brun. Vu la durée de jaunissement trop longue de ces feuilles, la fixation en vert, le brunissement et les maladies pendant le séchage provoquent une réduction excessive de qualité. Une concentration trop faible d'azote provoque un jaunissement prématuré au champ avant que les feuilles n'atteignent une maturité suffisante caractérisée par un aspect charnu, bigarré et granuleux. Après séchage, ces feuilles présentent habituellement un fond jaune pâle dépourvu de tache et fréquemment teinté de gris, et possèdent des grains serrés leur donnant un aspect lisse. De plus, ces feuilles sont généralement petites et le rendement de la récolte est réduit.

Lorsqu'on maintient une concentration d'azote appropriée et uniforme, il faut prendre soin d'utiliser dans les zones très fertiles des méthodes de fertilisation et de fumure différentes de celles utilisées dans les zones peu fertiles, pour que les feuilles du même étage foliaire de toutes les plantes puissent atteindre la même maturité à peu près en même temps. Il est fréquent dans des champs non uniformes de cueillir des feuilles d'étages foliaires différents, afin d'obtenir des feuilles possédant, selon leur couleur, la même maturité. Cette pratique est peut-être préférable à la cueillette de feuilles du même étage foliaire sans tenir compte de leur couleur, mais il est bon

de se rappeler que les feuilles de même couleur se trouvant à des étages foliaires différents sèchent différemment. Un champ renfermant des plantes dont les feuilles d'un même étage foliaire ont presque la même couleur au moment de la cueillette produit des feuilles de qualité uniforme et faciles à sécher. Les matières organiques du sol fournissent à peu près les deux tiers de l'azote nécessaire, et la fertilisation directe l'autre tiers environ. Si la teneur en matières organiques est élevée, il faut réduire les quantités d'engrais ajoutées directement. Par contre, en présence d'une faible teneur en matières organiques, il faut ajouter une quantité d'engrais supérieure à la normale. Il est bon de comparer la croissance, le développement et la maturité des diverses plantes sur plusieurs années et d'ajuster en conséquence la fertilisation des plantes de couverture, les quantités de paille incorporées aux plantes de couverture et la fertilisation directe du tabac, afin de rendre optimal le rendement, la couleur, la maturité à un âge donné et la qualité des feuilles séchées. Quelle que soit l'année, des additions d'engrais (y compris des engrais azotés) près des racines peuvent être nécessaires pour compenser les pertes par lessivage si les pluies sont anormalement élevées pendant la période de repiquage et en juin.

Irrigation

L'irrigation est l'une des pratiques de production les plus sous-évaluées en ce qui concerne les effets qu'elle produit sur le rendement, la qualité, la maturité et la facilité de séchage des feuilles de tabac. Pendant les années de sécheresse nécessitant trois irrigations, on peut s'attendre à ce que les bénéfices nets (recette brute moins coût d'irrigation) soit de 862 $ à 1319 $/ha. L'épandage d'engrais au bon moment permet d'obtenir, avec une irrigation appropriée, un tabac qui arrive à maturité plus tôt, qui peut être séché plus facilement et qui donne un produit de meilleure qualité qu'un tabac cultivé sans irrigation. En période de sécheresse, la croissance est retardée et les plantes n'utilisent qu'une faible partie de l'azote disponible dans le sol. Si cette carence n'est pas corrigée, il peut y avoir un surplus d'azote disponible vers la fin de la saison, c'est-à-dire au moment même où il serait préférable d'avoir une pénurie qui induit le changement de couleur dans les feuilles. Après une pluie, un surplus d'azote peut provoquer le verdissement de feuilles possédant déjà la couleur des feuilles ayant atteint la maturité, et donner ce qu'on appelle des feuilles lavées, ou peut même empêcher le développement normal de la couleur. Dans un cas comme dans l'autre, la qualité du produit séché est invariablement basse soit parce que la chimie des feuilles a subi une modification qui empêche le jaunissement normal soit parce que les feuilles ne peuvent être séchées assez rapidement pour empêcher la transformation rapide du jaune au brun.

On pense généralement que si l'on irrigue selon les besoins en juillet et au début d'août et que les feuilles subissent un changement normal de couleur, une irrigation supplémentaire ne sera pas nécessaire même si le temps est continuellement sec. Toutefois, si on laisse le sol devenir trop sec, la tension d'humidité dans la plante sera élevée et cette tension, qui est alors perturbée par la cueillette d'une feuille sur la tige, pourra causer des dommages cellulaires ou des mâchures. Ces dommages, qui se manifestent comme un fin réseau de zones foncées sur la feuille après la cueillette, donnent des tissus morts non séchables qui sont visibles sur les feuilles séchées et qui réduisent leur qualité.

Écimage

L'écimage a d'importantes répercussions sur le rendement, la qualité, la composition chimique et la facilité de séchage du tabac jaune. Le rendement peut subir une baisse pouvant atteindre 27,5 kg/ha par jour si l'écimage est repoussé au-delà

du stade d'élongation du bourgeon (environ une semaine avant la première floraison). Bien que l'écimage avant le stade d'élongation du bourgeon puisse améliorer aussi le rendement, il est difficile de juger du nombre de feuilles par pied avant l'élongation de la pousse florale. Dans des conditions moyennes, il est préférable d'écimer jusqu'à une hauteur de 17 ou 18 feuilles, mais le nombre convenable de feuilles dépend dans une certaine mesure de la variété, des conditions météorologiques pendant la saison et de la fertilité du sol. Vu que la maturité des feuilles dépend largement du temps écoulé après l'écimage, il est préférable d'écimer le plus grand nombre possible de pieds en même temps, indépendamment du stade de développement floral. Il est important que l'écimage soit fait tôt dans la saison, car l'accumulation d'alcaloïdes, le degré de maturité des feuilles, la facilité de séchage et la qualité du produit séché augmentent avec le temps après l'écimage. Un temps frais à la fin de la saison pourrait nuire énormément à l'évolution de ces changements.

Agents de maturation

L'Éthrel® est un agent de maturation qui contient de l'éthéphon (acide 2-chloroéthylphosphonique) et qui est utilisé par de nombreux tabaculteurs pour accélérer la maturation des feuilles. La vaporisation de ce produit sur les feuilles entraîne habituellement un changement de couleur en trois ou quatre jours. Normalement, le rendement est réduit légèrement et les effets sur la qualité sont irréguliers. Le produit peut être efficace s'il est appliqué sous forme d'un brouillard fin par temps chaud pour faire mûrir les feuilles du sommet et celles se trouvant en dessous de celles-ci. Il peut y avoir une réduction excessive de la qualité si le produit est vaporisé sur des feuilles de base et des feuilles médianes trop minces ou sur des feuilles qui n'ont pas atteint la maturité. Pour de meilleurs résultats, les feuilles doivent être de même maturité (mais non trop mûres) pour que toutes réagissent également au produit pulvérisé. Sinon, les tissus jaunis au moment de la récolte peuvent devenir bruns lors du séchage avant que le vert puisse être éliminé des feuilles qui ont été moins affectées par le produit ou qui ne l'ont pas été du tout. L'Éthrel® appliqué à un taux de plus de 3 L/ha ou appliqué sur des feuilles trop mûres ou sur des feuilles ayant jauni prématurément en raison d'une carence d'azote peut donner une coloration grise indésirable sur les feuilles séchées. Si les conditions de pulvérisation sont idéales, si les feuilles récoltées sont uniformes et si les feuilles sont cueillies dès le premier signe de changement de couleur, la durée de séchage pour les feuilles traitées peut être réduite d'environ 24 heures. Pour obtenir la qualité de séchage optimale avec des feuilles traitées, le parenchyme doit être séché plus rapidement pendant la phase de fixation de la couleur, que dans le cas de feuilles non traitées. Le traitement par l'Éthrel® rend plus foncée la couleur de base des feuilles, ce qui peut être un avantage net s'il n'y a pas réduction du rendement ou des attributs de qualité autres que la couleur de base. La réduction de la durée de jaunissement dans le cas du tabac traité à l'Éthrel® peut aider à minimiser l'incidence des maladies survenant lors du séchage, comme l'accident à la pente, appelé aussi chauffage à la pente.

PRÉPARATION DES FEUILLES POUR LE SÉCHAGE

Cueillette

La maturité des feuilles au moment de la cueillette est l'un des facteurs les plus importants qui influent sur la qualité finale. Pour obtenir les meilleurs résultats, toutes les feuilles devraient être mûres en termes de leur âge et de leur couleur. Les feuilles devenues jaunes prématurément en raison d'une carence d'azote et les feuilles dont la couleur n'a pas encore commencé à changer en raison d'un excès d'azote ne sont pas à maturité, car elles ne sont pas assez âgées dans le premier cas et n'ont

pas la couleur appropriée dans le second cas. On a tendance à commencer la cueillette trop tôt, avant que les feuilles de première casse ne soient suffisamment âgées. Les recherches ont montré que les feuilles de première casse gagnent considérablement en poids et en qualité lorsque la cueillette est retardée d'une ou deux semaines. Toutefois, lorsqu'on retarde la cueillette de ces feuilles, on doit éviter que le sol ne se dessèche, car la dessiccation produite par une faible teneur en humidité du sol diminuerait la qualité. En retardant la cueillette, on obtient deux autres avantages, soit une meilleure maturation des pieds et une période de cueillette plus courte. Beaucoup de tabaculteurs ne possèdent pas la capacité de séchage que nécessite une saison plus courte. Le coût du séchage constitue une autre raison pour retarder la cueillette des feuilles de première casse. À cause du faible poids des feuilles de première casse, leur séchage est plus coûteux que le séchage des autres feuilles; ainsi, le fait de retarder la cueillette permet non seulement d'augmenter le rendement et la qualité mais aussi de diminuer le coût du séchage. Des études économiques faites en 1984 et basées sur les coûts de 1983 ont révélé que la récolte et le séchage au gaz naturel coûtent 440 et 470 $/ha pour le séchage en vrac et le séchage à ventilation forcée de haut en bas, respectivement. Ces études montrent aussi que des recettes brutes de 840 $/ha réalisées avec les feuilles de première casse, dont le prix moyen est de 3 $/kg et le rendement moyen de 280 kg/ha, étaient plus que suffisantes pour couvrir ces coûts. Dans cette analyse, les coûts seraient couverts par n'importe quelle combinaison rendement-prix donnant des recettes d'au moins 440–470 $/ha.

La facilité de séchage et la qualité des feuilles séchées dépendent de la maturité et de l'uniformité des feuilles. Les variations de couleur entre les différents étages foliaires diminuent aux étages plus élevés. De plus, pendant la phase initiale de jaunissement, la vitesse de changement de couleur diminue elle aussi. En outre, les feuilles des étages supérieurs conservent généralement un aspect jaunâtre et non séché, sans dégradation de la couleur, pendant un temps plus long que les feuilles des autres étages. On obtient les meilleurs résultats lors du séchage en cueillant par pied de tabac deux ou trois feuilles des étages inférieurs et moyens sur une période de plusieurs semaines, pendant que les feuilles mûrissent, et en laissant sept ou huit feuilles du sommet ou situées immédiatement en dessous pour les deux dernières cueillettes. Il est préférable de laisser mûrir ces feuilles de tête puis de les cueillir au cours de deux jours successifs. Si on laisse sur le pied de tabac un nombre de feuilles insuffisant pour la cueillette finale, on augmente les risques d'obtenir un tabac lavé.

Il ne faut pas cueillir de feuilles pendant des périodes très pluvieuses ou des périodes d'irrigation intense ou pendant les 2 ou 3 jours qui suivent, sinon le séchage peut être, et normalement est, plus difficile, car l'excès d'eau diminue la circulation d'air et nuit au fanage. De plus, cet excès d'eau augmente les coûts de séchage, car il faut plus de chaleur pour l'éliminer. Après une pluie, il peut y avoir reprise de l'absorption d'éléments nutritifs, ce qui entraîne la formation de feuilles, qu'on appelle « lavées », caractérisées par une diminution de la teneur en sucres, une augmentation de la teneur en azote et des réactions de brunissement pouvant réduire considérablement leur valeur. Comme nous l'avons mentionné plus haut à la section intitulée « Irrigation », il peut y avoir formation de lésions causées par des mâchures caractéristiques d'un temps sec, après une période de sécheresse prolongée. Si possible, les feuilles devraient être cueillies lorsqu'elles sont sèches, car, en plus des effets d'un excès d'eau pendant le séchage, un tissu turgescent est plus susceptible de subir des lésions ou des mâchures qu'un tissu sec. Ce problème peut être particulièrement important lorsqu'on utilise une cueilleuse mécanique; dans ce cas, on ne peut pas commencer la cueillette tant que la rosée ne s'est pas évaporée des feuilles. Même lorsqu'on cueille les feuilles à la main, alors qu'on commence tôt le matin pendant que les feuilles sont encore humides et qu'on achève lorsqu'elles sont sèches, il est

préférable que tous les tissus soient secs. Un mélange de tissus humides et de tissus secs peut entraîner une variation de la circulation d'air pendant le séchage, rendre difficile le maintien de conditions appropriées et uniformes dans le séchoir et allonger le temps de séchage.

Habituellement, des cueilleurs assis sur des machines appelées porte-cueilleurs font la cueillette à la main. Au cours des dernières années, on a cherché de plus en plus à réduire le coût de cueillette en utilisant des cueilleuses mécaniques. Celles-ci cueillent les feuilles par passages successifs et les déposent au hasard (sans les orienter) dans de grands contenants pour le séchage. Les cueilleuses mécaniques réduisent le coût de la main-d'oeuvre, mais elles diminuent le rendement et la qualité. Selon leur importance, ces diminutions peuvent ou non contrebalancer la réduction du coût de la main-d'oeuvre. Des études portant sur trois ans ont révélé l'existence de deux causes principales des pertes de rendement avec la cueilleuse mécanique. En premier lieu, les pertes de tissus foliaires, comme les feuilles brisées, les bouts de feuilles laissés sur les tiges et les morceaux de feuilles ou les feuilles entières tombant sur le sol. Ce sont les glanures qui représentent une perte moyenne de 8,6 % du poids en vert, soit une perte de 1290 kg/ha pour un poids en vert de 15 000 kg/ha. Comme le poids sec représente 16,3 % du poids en vert, la perte de poids en vert correspond à 210 kg/ha de feuilles séchées. Le poids total en vert du tabac cueilli à la machine et du tabac cueilli à la main est le même (tabac récolté plus glanures), ce qui indique que l'action de la cueilleuse mécanique sur les plantes ne modifie pas le rendement total. La seconde cause de diminution du rendement intervient pendant le séchage. Le poids sec représente 18,3 % du poids en vert pour les feuilles cueillies à la main et séchées sur lattes. Dans le cas des cueilleuses mécaniques, la perte de rendement est de 255 à 300 kg/ha lorsque le poids sec représente 16,3 % du poids en vert. La perte totale (glanures et séchage) représente 465–510 kg/ha. Le séchage de feuilles non orientées dans des contenants entraîne des pertes plus importantes que le séchage de feuilles orientées sur des cadres ou des lattes, à cause de la durée de séchage plus longue dans les contenants. Les feuilles perdent du poids jusqu'à ce qu'elles soient sèches. On obtient une plus grande quantité de tabac de rejet plus léger lors du séchage en contenants que lors du séchage en cadres ou sur lattes, attribuable non seulement à la lenteur du séchage mais aussi à la circulation non uniforme de l'air dans les contenants. De plus, la présence de feuilles séchées de qualité inférieure dans les contenants réduit la qualité du produit séché. La perte de poids peut être moindre pendant le séchage en contenants si les feuilles sont orientées. Les résultats obtenus avec des feuilles orientées séchées dans des contenants portent sur une année seulement, néanmoins le rendement du séchage est semblable à celui obtenu avec d'autres feuilles orientées séchées dans des cadres ou sur des lattes. Même si ces études font état d'inconvénients certains de la cueillette mécanisée, les pertes peuvent être réduites. Les techniques de chargement et de séchage examinées dans les sections suivantes peuvent aider à résoudre ce problème en partie. Quant aux pertes au champ, la plupart des morceaux de feuilles non cueillis par la cueilleuse mécanique peuvent être glanés. De plus, la perte de 8,6 % du poids en vert pendant la récolte mécanique a été mesurée pendant une étude au cours de laquelle la perte de feuilles était nulle dans les parcelles récoltées à la main et les glanures sur les parcelles récoltées à la machine n'étaient pas séchées. La différence de rendement entre la cueillette mécanique et la cueillette à la main est sans aucun doute inférieure à 8,6 %, car la cueillette à la main comporte aussi certaines pertes.

Mise sur lattes et en contenants pour séchage en vrac et introduction dans les séchoirs

Les feuilles cueillies à la main peuvent être manipulées de deux manières : elles sont transportées dans des paniers jusqu'au séchoir où elles sont nouées avec une lieuse mécanique et mises sur lattes, ou mises dans des contenants, ou bien elles sont mises sur des lattes ou dans des contenants au champ même. Dans un cas comme dans l'autre, les feuilles sont toutes orientées dans la même direction avec la caboche tournée vers le haut dans la position de séchage. Les feuilles cueillies à la machine sont déposées, sans égard à leur orientation, dans un contenant sur la cueilleuse mécanique. Ce contenant est ensuite transporté jusqu'au séchoir où il est introduit pour le séchage. Pour réduire au minimum les mâchures et les déchirures, il faut attendre que les feuilles soient sèches avant de les cueillir et il faut les manipuler avec soin. Pour la mise sur lattes, enfiler les feuilles à environ 5 cm de la base et les déployer uniformément de part et d'autre de chaque latte, en s'assurant que chaque latte possède approximativement le même nombre de feuilles. Pour le séchage en vrac, il est préférable d'utiliser une balance à plate-forme afin de mettre le même poids de feuilles dans chaque cadre. Toutefois, une uniformité acceptable peut être obtenue en chargeant chaque cadre jusqu'à une hauteur donnée avant d'abaisser les pointes. L'uniformité du poids de feuilles par cadre est probablement moins importante que l'uniformité de la charge dans chaque cadre après l'abaissement des pointes. En présence d'une trop grande variation de densité dans les cadres ou entre les différents cadres, l'air passera plus facilement dans les zones moins denses. La faible circulation d'air dans les zones plus denses peut se traduire par une diminution de la qualité de la couleur, une fréquence accrue des accidents et des maladies du séchage et une augmentation de la durée et du coût du séchage. Il serait préférable de tenir compte du poids lorsqu'on charge les contenants avec des feuilles cueillies à la main et orientées ou avec des feuilles cueillies à la machine et non orientées, mais cette opération est habituellement effectuée au jugé. L'uniformité du chargement est encore plus importante avec des contenants qu'avec des lattes. En séchant, les feuilles laissent des vides dans les coins et sur les bords; il faut donc bien remplir les contenants à ces endroits pour minimiser la circulation canalisée de l'air. Les feuilles qui sont chargées en premier sont plus tassées que les autres. Dans le cas des cadres utilisés pour le séchage en vrac, la situation est semblable mais les feuilles chargées en premier ne sont pas aussi tassées, car elles sont recouvertes d'une couche moins épaisse de feuilles. De plus, la compression considérable de toute la masse de feuilles dans le cadre, exercée par les pointes, rend la densité plus uniforme. En comprimant encore plus le tabac dans les contenants utilisés pour le séchage en vrac, on obtiendrait une densité plus uniforme. Pour obtenir une densité semblable à celle des cadres, il faut utiliser un élévateur pour charger le tabac sur une hauteur beaucoup plus grande que la hauteur du contenant et comprimer le tabac avant et pendant l'insertion des pointes. De plus, pour obtenir une densité plus uniforme, inverser le contenant en le faisant tourner de la position de chargement à la position de séchage.

Pour empêcher la dégradation de la couleur, les feuilles minces de l'étage foliaire inférieur doivent être séchées plus rapidement que les feuilles plus épaisses des étages supérieurs. Les feuilles du pied contiennent habituellement plus d'humidité que les autres feuilles. Pour faciliter le séchage rapide des feuilles du pied, il ne faut pas trop charger le séchoir, car plus la charge est faible, plus les feuilles sèchent vite. Les feuilles des étages supérieurs ne contiennent pas seulement moins d'humidité que les feuilles des étages inférieurs, mais elles peuvent même en contenir moins que la normale si elles sont exposées à de basses températures. Vu que les feuilles des étages supérieurs nécessitent une longue période de jaunissement et, par conséquent, un taux d'humidité plus élevé pendant une période prolongée, la charge doit être plus dense pour

augmenter la quantité d'humidité dans le séchoir. Toutefois, cette charge devrait être uniforme, car en présence d'une charge légère ou dense mais de densité inégale il peut y avoir circulation canalisée de l'air qui sera accompagnée d'autres problèmes.

Habituellement, les séchoirs à ventilation forcée de haut en bas comportent à intervalles réguliers, sur chaque travée, des encastrements en bois destinés à recevoir l'extrémité des lattes et à maintenir une distance uniforme entre chacune. Ces encastrements dans les blocs permettent de maintenir les lattes bien droites et d'éviter qu'elles ne gondolent ou qu'elles ne plient. Avec un système fixe de calage, il est évidemment impossible de modifier la charge en changeant la distance entre les lattes, et seul le nombre de feuilles par latte peut être modifié. Pour les feuilles de sable, qui doivent être séchées rapidement, il est conseillé de ne pas dépasser 90 feuilles par latte. Ce nombre devrait être augmenté au fur et à mesure que les feuilles proviennent d'un étage foliaire plus élevé, et ne devrait pas dépasser environ 120 feuilles par latte dans le cas des feuilles de tête. L'écartement entre les lattes, qui est assuré par le calage des travées dans des encastrements, dépend de la taille et du type de séchoir. D'habitude, on cherche à introduire de 1200 à 1250 lattes par séchoir et, en général, l'espace entre les lattes est légèrement plus petit dans les séchoirs bas que dans ceux de taille régulière. Lorsque les feuilles sont régulièrement plus grandes que la normale et qu'il est difficile d'obtenir une bonne circulation d'air et un bon fanage, il est souhaitable d'espacer un peu plus les lattes. Un écartement de l'ordre de 17,8 à 20,3 cm est habituellement satisfaisant. Les cadres normalement utilisés pour le séchage en vrac, qui mesurent environ 0,3 × 1,5 cm, devraient contenir de 40,8 à 72,5 kg de tabac vert selon l'étage foliaire, la taille des feuilles et la quantité d'humidité dans les feuilles ou sur celles-ci. La quantité de feuilles devrait être la plus faible dans le cas des feuilles de sable et la plus grande dans le cas des grandes feuilles de tête. Comme la taille des contenants varie selon la marque, le poids optimum par contenant varie lui aussi. Normalement, on ajoute du tabac jusqu'à une hauteur dépassant le dessus du contenant, puis on maintient cette quantité en place jusqu'à ce que les feuilles soient comprimées. Le tabac est ensuite retenu par un couvercle perforé et des pointes d'acier. La quantité de tabac dépassant le dessus du contenant avant la compression devrait être moindre dans le cas des feuilles des étages inférieurs que dans le cas des feuilles de tête. Lors du chargement, il est important d'utiliser suffisamment de pointes pour maintenir les feuilles en place et pour empêcher qu'elles ne s'affaissent lorsqu'on tourne le contenant sur 90 ° pour le séchage. S'il y a affaissement, la densité sera plus élevée dans la zone touchée, ce qui empêchera la circulation de l'air et le séchage des feuilles qui s'y trouvent.

INSTALLATIONS ET ÉQUIPEMENT DE SÉCHAGE

Séchoirs et systèmes de séchage

Séchage par ventilation forcée de haut en bas. Le séchoir à ventilation forcée de haut en bas est ainsi nommé car l'air circule du haut vers le bas du tabac. Il y a deux types de séchoirs, soit les séchoirs hauts et les séchoirs bas. Les séchoirs hauts (fig. 1) mesurent approximativement 7,3 m de long × 6,9 m de large × 4,9 m de haut, du sol jusqu'au toit. Ils possèdent six travées dans six salles, sur lesquelles se trouvent les feuilles enfilées sur des lattes de bois. Dans le cas des séchoirs bas (fig. 2), il y a deux tailles distinctes, soit 10,3 m de long × 6,1 m de large × 3,5 m de haut et 13,6 m de long × 6,1 m de large × 3,5 m de haut, du sol jusqu'au toit. Le premier possède trois portes de chargement et quatre travées dans neuf salles et le second quatre portes de chargement et quatre travées dans 12 salles.

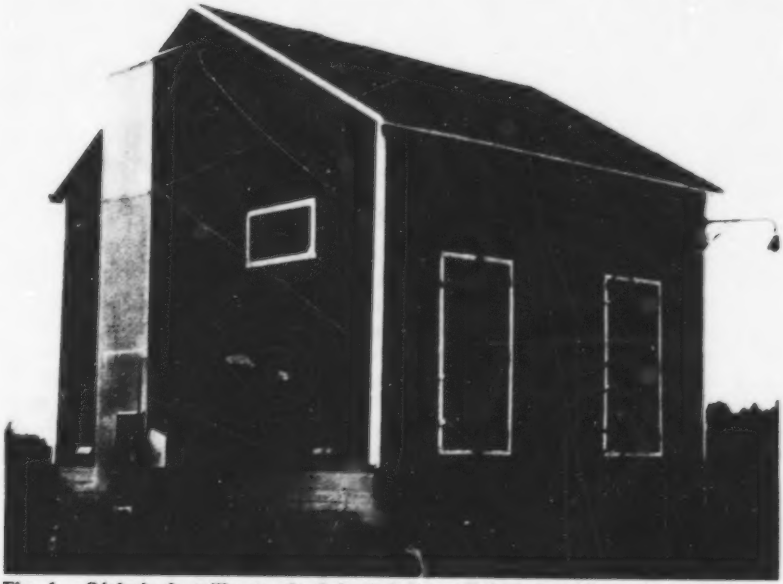


Fig. 1. Séchoir de taille standard équipé d'un système de séchage à ventilation forcée de haut en bas, de faible débit.

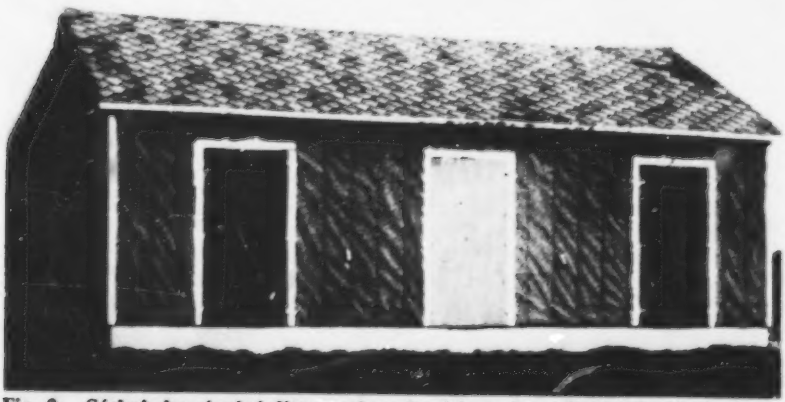


Fig. 2. Séchoir bas équipé d'un système de séchage à ventilation forcée de haut en bas de faible débit.

L'air recirculé est acheminé dans l'espace au-dessus de la travée supérieure, par un tuyau situé à l'extérieur du séchoir. Dans le tuyau se trouve un ventilateur comportant une hélice de 107 cm entraînée par un moteur de 0,7 kW tournant à 430 tr/min, ce qui donne un débit de 283 m^3/min. La consommation d'électricité est d'environ 0,7 MJ/kg de tabac séché. On trouve une prise d'air dans la portion extérieure du

tuyau et deux sorties d'évacuation dans les coins extérieurs inférieurs de la paroi au centre de laquelle le tuyau a été installé. La capacité nominale du brûleur, qui est au-dessous du ventilateur, est de 527 MJ/h, qu'il soit alimenté au propane, au mazout ou au gaz naturel. On règle manuellement le brûleur à l'aide d'un thermostat à tube capillaire; un second thermostat de conception semblable permet de fixer une limite maximale de température.

Pour ventiler le séchoir, on ouvre les prises d'air de manière à atteindre la vitesse de déshumidification voulue. Cet excès d'air qui est introduit dans le séchoir fait augmenter la pression à l'intérieur et provoque l'ouverture des sorties d'évacuation situées aux coins inférieurs, ce qui fait baisser la pression et permet à l'excès d'air de s'échapper.

Dans les séchoirs à ventilation forcée de haut en bas, on observe un jaunissement et un séchage préférentiels dans certaines zones, principalement dans les salles les plus éloignées de l'extrémité où se trouve le brûleur et dans les séchoirs bas en comparaison des séchoirs courants. Un séchage inégal peut allonger la durée de séchage et donner un tabac séché de façon non uniforme. Voici ce qu'il faut faire pour améliorer la situation : charger le tabac humide, qui a été cueilli le matin même, dans les zones où le séchage est le plus rapide, diminuer l'espace entre les lattes dans cette zone et installer un écran orientable en contre-plaqué au-dessus du tabac. Cet écran est placé au milieu du séchoir perpendiculairement au courant d'air et peut être soulevé ou abaissé selon les besoins pendant le séchage pour diminuer la circulation d'air dans les salles où le séchage est plus rapide. On retarde ainsi la vitesse de séchage dans certaines zones et on l'accélère dans d'autres, ce qui donne un séchage plus uniforme.

Séchage en vrac. Dans les séchoirs en vrac, le chargement du tabac dans des contenants et la densité de feuilles beaucoup plus élevée que celle observée dans les séchoirs à ventilation forcée de haut en bas constituent une caractéristique bien distincte. De plus, l'air est forcé de bas en haut à travers le tabac. Normalement, un séchoir en vrac mesure environ 12,6 m de long × 2,9 m de large × 2,7 m de haut, du sol jusqu'au toit, et possède deux portes de chargement et une capacité de 162 cadres (fig. 3). Ce type de séchoir est construit en usine et transporté jusqu'à la ferme.

Fig. 3. Séchoir transportable pour le séchage en vrac avec, à droite, les contenants de séchage.

Les modèles plus anciens étaient assemblés à la ferme et comportaient trois portes de chargement, une pour chacune des trois salles; cependant, le nombre de cadres était semblable.

La plupart des séchoirs sont équipés d'un ventilateur à tambour de 91 cm relié par une courroie à un moteur de 3,7 kW, mais de nombreux séchoirs destinés à recevoir des cadres pour le séchage en vrac sont munis d'un moteur de 5,6 kW permettant d'obtenir un débit plus élevé. De plus, certains grands séchoirs à trois salles pouvant recevoir 180 cadres sont dotés d'un moteur de 5,6 kW. La consommation d'électricité varie de 2,0 à 2,9 MJ/kg de tabac séché selon la taille et la phase du moteur et selon la méthode et la durée de séchage.

Le propane et le gaz naturel sont les combustibles les plus fréquemment utilisés pour le séchage en vrac. Le rendement du mazout est faible (59 %) en comparaison des autres combustibles (85 %), car dans les séchoirs en vrac chauffés au mazout les produits de combustion sont évacués dans l'atmosphère, tandis qu'ils sont recirculés dans les séchoirs chauffés au gaz naturel et au propane. Dans le cas du gaz naturel, la consommation varie de 602 à 700 m^3/1000 kg de tabac séché.

Les séchoirs en vrac reposent normalement sur une dalle en béton débordant d'environ 30 cm le périmètre du séchoir, sauf sur le devant où la surface bétonnée plus grande sert de zone de mise en cadres et de chargement. Des conduites d'air, constituées d'enfoncements réalisés à même cette dalle, desservent chaque salle. Ces conduites sont recouvertes d'une plaque d'acier perforée qui sert de plancher. Comme les trous représentent 10 % de la superficie, la pression est augmentée et l'air traversant le plancher possède alors une température, une pression et un débit assez uniformes. Après passage dans le tabac, l'air recirculé se déplace horizontalement vers le brûleur et le logement du ventilateur se trouvant à l'arrière du séchoir, puis il retourne dans la conduite inférieure, pour compléter le cycle. Pour enlever l'humidité, on ouvre une prise d'air située dans le logement du brûleur pour introduire de l'air extérieur sec, ce qui augmente la pression et provoque l'évacuation de l'air humide par les volets situés au-dessus des portes de chargement. L'ouverture des prises d'air est commandée manuellement ou automatiquement. Le système automatique est constitué d'un réservoir d'eau muni d'une mèche, d'un thermostat proportionnel dont le capteur est entouré par la mèche et d'un moteur commandant les prises d'air. Le capteur mesure la température donnée par le thermomètre humide et envoie un signal au thermostat. Si la température du thermomètre humide ne correspond pas à la valeur fixée, le thermostat actionne le moteur qui règle alors les prises d'air. Si la température du thermomètre humide s'élève au-dessus de la valeur fixée (humidité relative plus élevée), les volets des prises d'air s'ouvrent, et si elle baisse (humidité relative plus faible), les volets se ferment. Les séchoirs pour séchage en vrac sont aussi munis d'un écran actionné manuellement qui commande la vitesse du ventilateur et partant, la quantité d'air qui circule dans le tabac.

Mesure de la température et de l'humidité relative

Un hygromètre est un accessoire important qui permet d'éviter certains problèmes de séchage. L'hygromètre classique (fig. 4) comprend deux thermomètres identiques montés sur le même support. Le thermomètre dont le réservoir n'est pas recouvert permet de mesurer la température du thermomètre sec, et l'autre dont le réservoir est entouré d'une mèche qui est reliée à un réservoir d'eau, permet de mesurer la température du thermomètre humide. L'évaporation de l'eau de la mèche entraîne un refroidissement du réservoir. Une réduction du taux d'humidité relative de l'air provoque une augmentation de la vitesse d'évaporation et de l'importance du refroidissement, ce qui se traduit par un accroissement de la différence entre la température

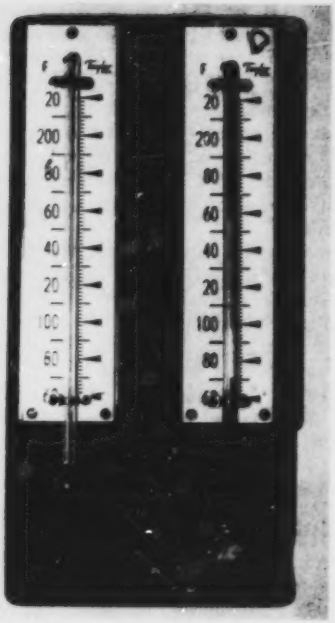


Fig. 4. Hygromètre à thermomètres sec et humide.

du thermomètre humide et la température du thermomètre sec. À un taux d'humidité relative de 100 %, le refroidissement par évaporation est nul et la température du thermomètre humide est égale à la temperature du thermomètre sec.

En plus de l'hygromètre classique, des indicateurs de température électroniques (fig. 5) peuvent être utilisés pour mesurer la température du thermomètre sec et du thermomètre humide. Les types d'instruments disponibles sont les détecteurs thermométriques à résistance (DTR), les thermocouples et les thermistors. Ces instruments sont branchés à un indicateur numérique portatif. Là encore, il faut deux capteurs pour mesurer la température du thermomètre humide et la température du thermomètre sec. Comme avec l'hygromètre, l'un mesure la température de l'air et l'autre la température de la mèche mouillée. Les hygromètres ou les indicateurs électroniques de température utilisés pour contrôler l'environnement dans le séchoir devraient être situés du côté de la prise d'air qui se trouve au-dessus du tabac dans un séchoir à circulation forcée de haut en bas et sous le tabac dans un séchoir pour séchage en vrac. On peut minimiser les fluctuations extrêmes de température mesurées au thermomètre sec dans ces endroits, fluctuations qui sont causées par les cycles de mise en marche et d'arrêt du brûleur, en insérant le capteur dans un petit trou pratiqué dans un bloc de bois de 5 cm × 10 cm × 15 cm. On place le capteur à une profondeur de 5 cm, puis on ferme l'ouverture avec un produit d'étanchéité.

Un autre type d'instrument, appelé Humidguide®, mesure le changement de longueur d'un matériau sensible à l'humidité, comme un cheveu. Ce type d'instrument donne une valeur directe du taux d'humidité, tandis qu'avec l'hygromètre à thermomètre humide et à thermomètre sec, il faut se reporter à un graphique pour obtenir le taux d'humidité relative. Dans le cas de l'Humidguide®, il faut un thermomètre pour mesurer la température du thermomètre sec.

Fig. 5. Hygromètres à thermocouple, à affichage numérique.

Il est important d'entretenir convenablement tous les instruments servant à mesurer les conditions environnementales, pour s'assurer que les valeurs mesurées sont aussi précises que possible. Une fois l'an, comparer les deux thermomètres de l'hygromètre en retirant la mèche du thermomètre humide et en laissant les deux thermomètres à la température ambiante. Pour l'hygromètre, utiliser deux thermomètres dont les températures mesurées concordent à 0,5 °C (1 °F). Les indicateurs électroniques doivent être vérifiés aussi pour s'assurer qu'ils fonctionnent convenablement. Vérifier s'ils sont toujours étalonnés en insérant le capteur dans de l'eau glacée, puis en agitant. La température mesurée doit être de 0 °C (32 °F), sinon, il est nécessaire d'étalonner l'indicateur; pour ce faire, consulter le manuel approprié. L'Humidguide® peut donner des valeurs inexactes avec le temps, et il est préférable de le vérifier dans un environnement possédant un taux d'humidité relative connu.

Les mèches devraient être vérifiées fréquemment pour s'assurer qu'elles peuvent s'imbiber facilement. Il faut les remplacer si elles présentent un aspect dur ou encroûté causé par la présence de dépôts minéraux. Les minéraux empêchent l'eau d'imprégner convenablement la mèche et faussent les mesures de température.

Il est souvent difficile de placer un hygromètre au-dessus du tabac dans un séchoir à ventilation forcée de haut en bas, car cette zone n'est pas accessible et, même si elle l'était, il n'est guère pratique de grimper continuellement une échelle pour contrôler les conditions du milieu. La solution consiste à amener une partie de l'air du niveau supérieur jusqu'au niveau inférieur. Pour ce faire, installer à la verticale un tuyau de 13 cm à partir d'un point situé juste au-dessus des caboches de la travée du haut jusqu'à une boîte située sous la travée du bas et contenant un hygromètre et un ventilateur de 10 cm de diamètre pour haute température. Le ventilateur aspire l'air de la travée du haut et le fait passer sur l'hygromètre à une vitesse suffisante pour assurer des mesures précises. Il est préférable d'installer le tuyau le long des travées à quelques pieds de la porte, à l'opposé du brûleur.

Économie d'énergie

Le coût du séchage augmente, et les tabaculteurs devraient examiner soigneusement leurs méthodes de production et de séchage, leurs séchoirs et leurs systèmes de séchage pour déterminer des moyens de réduire leur consommation de combustible et d'électricité. Les économies pouvant être réalisées en apportant diverses modifications aux méthodes de production et de séchage, en améliorant les séchoirs et en maintenant un système de séchage en bon état de fonctionnement dépendent de l'état initial des séchoirs et des systèmes de séchage. Voici certains domaines où il serait possible d'apporter des améliorations.

Étanchéité des séchoirs. Les fuites d'air chaud dans les séchoirs augmentent bien entendu la consommation de combustible. Prévenir ces pertes dans les séchoirs à ventilation forcée de haut en bas en s'assurant que les joints le long du débord du toit, au bout du pignon et autour des portes et des conduites d'air chaud sont hermétiques. Dans les séchoirs en vrac, s'assurer que le joint entre la dalle de béton et le séchoir est hermétique. La mousse de polyuréthane est un excellent matériau d'étanchéité, mais les installations extérieures, comme les conduites d'air chaud, doivent être peintes pour empêcher la détérioration par les rayons du soleil. Réparer ou remplacer les joints usés autour des portes des séchoirs en vrac. Dans les séchoirs à ventilation forcée de haut en bas, l'installation de joints d'étanchéité autour des portes sera utile également, car en général ces endroits sont peu hermétiques. On peut réaliser des économies de combustible pouvant atteindre 20 % en éliminant toutes les fuites d'air.

Conditionnement. Lorsque le chauffage est excessif, on évacue souvent de l'air chaud à l'extérieur pour s'accorder une marge de sécurité pendant le séchage. Cette façon de procéder, qui gaspille énormément de combustible, peut être facilement éliminée en utilisant des méthodes de séchage convenables. Contrôler la température et le taux d'humidité relative avec un hygromètre et n'introduire que la quantité suffisante d'air extérieur pour obtenir un taux d'humidité relative approprié.

Méthodes de culture. On réduit au minimum la durée de séchage et l'utilisation de combustible et d'électricité en cueillant des feuilles uniformément sèches ayant la même maturité.

Entretien du matériel. Il faut vérifier périodiquement les brûleurs au mazout et à gaz, de préférence avant la saison de séchage, pour s'assurer que leur efficacité est maximale. Il faut aussi vérifier les thermostats et les thermomètres pour s'assurer qu'ils sont étalonnés et en bon état.

Chargement uniforme. Charger uniformément tous les types de séchoirs (lattes, cadres et contenants) pour prévenir toute circulation canalisée de l'air dans les zones moins denses. Ainsi, la durée de séchage sera plus courte, on obtiendra un produit de meilleure qualité et on consommera moins d'énergie. Lorsqu'on utilise des cadres et des contenants, il faut aussi boucher les espaces entre ceux-ci pour éviter que l'air ne contourne le tabac qu'ils contiennent.

Isolation. Dans les séchoirs à ventilation forcée de haut en bas, le toit et la cavité sous le pignon au-dessus du tabac sont les endroits où l'isolation est la plus importante. L'isolation des murs est secondaire. Des matériaux, comme la mousse de polyuréthane et les feuilles rigides en polystyrène expansé, peuvent être efficaces lorsqu'ils sont posés et maintenus convenablement. Le parement et le revêtement de

toit doivent être en bon état avant l'installation de l'isolant, car la présence d'humidité emprisonnée entre l'isolant intérieur et le bois extérieur peut causer la détérioration de ce dernier. Avec un séchoir parfaitement isolé, on peut, selon l'état initial, économiser jusqu'à 20 % du combustible.

Dans les séchoirs en vrac, la conduite d'air inférieure est l'endroit le plus important. Il faut recouvrir ses parois intérieures de mousse de polyuréthane. On peut aussi isoler le plafond et le plancher qui constituent les conduites d'air supérieures et inférieures dans la salle du brûleur. Dans les nouvelles installations, la dalle de béton, y compris la portion débordant la périphérie du séchoir, devrait reposer sur au moins 2,5 cm de Styrofoam SM (bleu). On peut réaliser des économies de combustible pouvant atteindre 10 % en isolant convenablement la conduite d'air inférieure et la dalle de béton.

Consommation d'électricité. La quantité d'électricité utilisée pour le séchage dépend de deux facteurs : la puissance du moteur et sa durée de fonctionnement. Donc, pour économiser l'énergie, on doit utiliser un moteur suffisamment puissant pour assurer le fonctionnement optimal du ventilateur. Un moteur de 3,7 kW convient à la plupart des séchoirs en vrac, mais il faut un moteur de 5,6 kW pour les séchoirs beaucoup plus longs que les autres ou les séchoirs chargés de contenants. De plus, pour réduire la durée de fonctionnement, il faut charger uniformément le séchoir avec des feuilles ayant atteint la maturité. Lorsqu'on convertit les séchoirs à ventilation forcée de haut en bas en séchoirs en vrac ou lorsqu'on installe d'autres séchoirs en vrac, il est important de se renseigner auprès du service local de distribution d'électricité pour connaître la puissance dont l'installation pourra disposer.

SÉCHAGE

Principes

Le séchage a pour but de transformer les feuilles fraîches, de couleur jaune verdâtre, contenant 75–85 % d'humidité, en un produit final possédant une teinte citron claire, orange citron ou orange, et la texture, l'élasticité, le corps et l'arôme souhaités, ainsi qu'une teneur en humidité d'environ 5 %. Après le séchage, on augmente la teneur en humidité des feuilles à environ 18 % pour pouvoir les manipuler sans les déchirer : cette opération d'humidification s'appelle réassouplissement (on dit aussi saucage). Les caractéristiques des feuilles séchées, y compris la couleur, dépendent beaucoup des caractéristiques des feuilles vertes ou par extension, des procédés culturaux utilisés avant le séchage. Ces caractéristiques peuvent être modifiées excessivement par les conditions météorologiques ou la méthode de séchage. Les méthodes de séchage idéales produisent un environnement ou des changements d'environnement favorisant le plus le jaunissement, le fanage, la fixation de la couleur et le séchage des feuilles; permettent d'obtenir le rendement maximal et la qualité optimale; et réduisent au minimum la consommation d'électricité et de combustible. L'exposition des feuilles aux conditions de séchage idéales ne donne pas nécessairement des feuilles qui possèdent certaines ou toutes les caractéristiques souhaitables après séchage. Par exemple, le mode de chargement empêche parfois d'obtenir des conditions uniformes. De plus, un séchage, même idéal, n'améliore pas des feuilles de qualité inférieure. Toutefois, des méthodes qui ne conviennent pas peuvent diminuer encore plus la qualité des feuilles de qualité inférieure et réduire la qualité des feuilles ayant pu donner un produit de haute qualité.

La phase initiale du séchage (jaunissement) est une continuation des processus de sénescence (mûrissement) commencés au champ. Lorsque les feuilles poussent, la vitesse de production de chlorophylle par photosynthèse est supérieure à la vitesse

de décomposition de la chlorophylle par respiration, et les feuilles restent vertes. Une fois que les feuilles ont atteint leur croissance maximale, la vitesse de production de chlorophylle diminue graduellement et les feuilles deviennent plus jaunes au fur et à mesure que la décomposition devient plus rapide que la production de chlorophylle. Au moment de la récolte, ce changement de couleur est accéléré, car la production de chlorophylle, qui est nulle, ne peut plus compenser la décomposition par respiration. De plus, si l'on crée un environnement idéal pendant la phase de jaunissement, la vitesse de respiration augmentera et le jaunissement s'accélérera. Les feuilles doivent être vivantes pendant la phase de jaunissement pour que se produisent les transformations chimiques associées à la respiration, dont les plus importantes sont la décomposition et la disparition de la couleur verte (chlorophylle) et la conversion de l'amidon en sucres. Pendant le jaunissement, les feuilles sont vivantes et les transformations chimiques associées à la respiration continuent jusqu'à ce que les tissus soient tués par augmentation de la température ou par dessiccation. Un environnement dont la température est trop élevée ou le taux d'humidité relative trop faible pour les tissus vivants provoque la mort prématurée des tissus et empêche donc toute autre transformation chimique de se produire. De même, un tissu qui a été tué par insolation ou qui est mort à la suite de maladies, de troubles physiologiques, de gel ou de mâchures ne subit aucune transformation chimique. Pour éviter la mort prématurée des tissus pendant la phase de jaunissement, il faut maintenir la température dans le séchoir au-dessous de 43,3 °C (110 °F) et le taux d'humidité relative au-dessus de 75 %.

Les feuilles perdent généralement de 25 à 40 % de leur poids initial pendant le jaunissement. L'élimination de l'humidité représente la plus grande partie de cette perte, mais il y a aussi certaines pertes de matière sèche causées par des transformations chimiques. Au fur et à mesure du jaunissement, les pertes de matière sèche représentent une proportion de plus en plus grande de la perte totale. Dans des conditions normales de séchage, les différences de pertes de matière sèche dans les différents lots séchés sont sans importance. Elles peuvent l'être par contre dans le cas de feuilles qui nécessitent une longue phase de jaunissement, comme les feuilles qui ne sont pas mûres ou les feuilles qui ne sont toujours pas séchées longtemps après la fin du jaunissement. Cette dernière situation peut se produire lorsqu'on sèche intentionnellement lentement des feuilles à des taux d'humidité relative élevés pendant la phase de fixation de la couleur, afin d'obtenir une couleur de base plus foncée, ou lorsque, en raison d'une densité de chargement inégale ou d'une ventilation non uniforme, la circulation est canalisée et est nulle à certains endroits.

On maintient un environnement favorisant le jaunissement jusqu'à ce que la plupart des feuilles possèdent uniformément une teinte citron clair, orange citron ou orange, selon leur étage foliaire, leur âge et leur consistance. On procède ensuite à la fixation de la couleur. Pour ce faire, on augmente graduellement la température et on diminue le taux d'humidité relative jusqu'à ce que les tissus fanent et se dessèchent. Si on entreprend la fixation de la couleur avant le jaunissement complet des feuilles, on obtient des tissus verts. Si le jaunissement est prolongé, les transformations chimiques se poursuivent et les tissus brunissent graduellement à cause de la production de pigments foncés. Un tel brunissement peut se produire même lorsque la fixation est entreprise au bon moment, car une augmentation rapide de température, non accompagnée d'une baisse correspondante d'humidité relative, provoque l'échaudage des tissus. Dans les tissus qui ne sont pas encore séchés, ce brunissement peut apparaître en quelques minutes à 57 °C (135 °F), mais seulement après plusieurs heures à 49 °C (120 °F). Plus les feuilles sèchent rapidement, plus vite on peut élever la température sans risque d'échaudage.

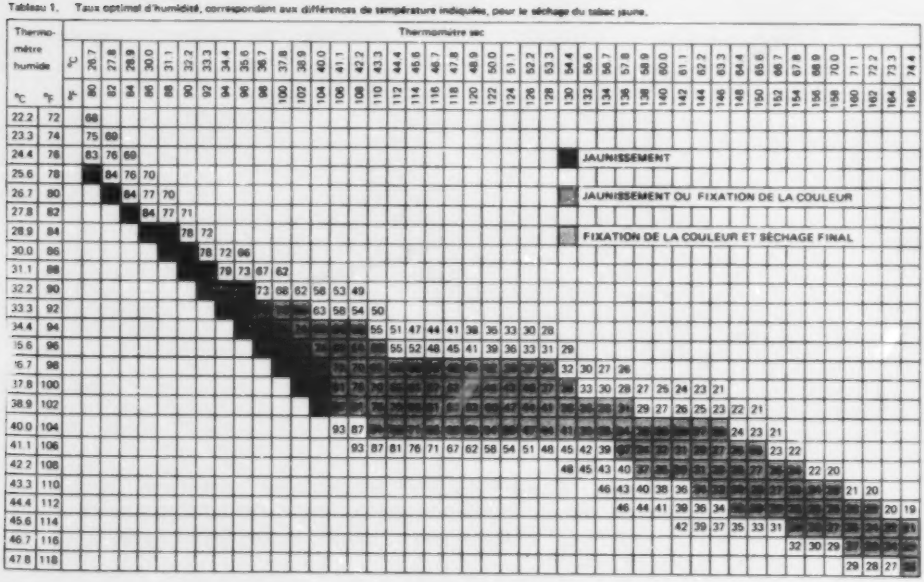
La fixation de la couleur est terminée quand le limbe a perdu la plus grande partie de son eau. À ce moment, les parties les plus exposées du limbe sont complète-

ment sèches, tandis que les parties moins exposées au mouvement de l'air, particulièrement les feuilles les plus éloignées des prises d'air, comme celles des travées inférieures des séchoirs à ventilation forcée de haut en bas, celles des travées supérieures des séchoirs en vrac utilisant des cadres, ou celles dans les parties supérieures des contenants, contiennent encore un certaine quantité d'humidité. Pour terminer le séchage des feuilles et des côtes, on augmente la température et on diminue encore plus l'humidité relative. On obtient la température et l'humidité relative souhaitées pendant la phase de fixation de la couleur et le dernier séchage en réglant le chauffage et la ventilation. Si l'air humide n'est pas éliminé par ventilation et remplacé par de l'air moins humide, l'humidité relative dans le séchoir ne variera guère lorsqu'on augmentera la température, car les feuilles, en séchant, dégagent de l'humidité.

Techniques courantes de séchage

Les techniques courantes décrites plus bas s'appliquent à la plupart des situations. On traitera dans la section suivante des variantes de ces techniques utilisées pour le séchage en conditions spéciales. Le tableau 1 donne les taux optimaux d'humidité relative, correspondant aux différences entre les températures du thermomètre sec et du thermomètre humide, pour le séchage du tabac jaune. On se base sur le stade du séchage plutôt que sur la durée, bien que les températures à un moment donné dépendent du temps écoulé depuis le début du séchage, ainsi que de la couleur, de la teneur en humidité et de l'état physique des feuilles. En fait, le séchage ne peut pas être basé strictement sur la durée, car la durée du jaunissement, de la fixation de la couleur et du dernier séchage dépend de nombreux facteurs tels que l'étage foliaire, le degré de maturité, la taille et l'épaisseur des feuilles, la densité de chargement, les conditions météorologiques et le type de système de séchage et de séchoir. Le tableau 1 n'est utile que si le tabaculteur possède une connaissance de

Tableau 1. Taux optimal d'humidité, correspondant aux différences de température indiquées, pour le séchage du tabac jaune.



base du séchage et peut se baser sur l'apparence des feuilles et leur aspect au toucher pour déterminer la durée du jaunissement, de la fixation de la couleur et du dernier séchage. Les taux d'humidité relative du tableau 1 s'appliquent aux feuilles des différents étages foliaires : les taux les plus bas s'appliquent aux feuilles des étages les plus bas et les taux les plus élevés aux feuilles des étages supérieurs. Le taux d'humidité relative à la fin du jaunissement, par exemple, devrait normalement être aussi bas que 79 ou 80 % pour les feuilles de sable et aussi élevé que 93 % pour les feuilles de tête. De même, le taux d'humidité relative pour les feuilles de sable et les feuilles de tête respectivement, devrait être réduit graduellement à 30 et 40 % vers la fin de la phase de fixation de la couleur et ensuite à 21 et 25 % respectivement. Pour les feuilles des autres étages foliaires, le taux d'humidité relative maintenu pendant chaque phase du séchage devrait se situer entre celui des feuilles de sable et celui des feuilles de tête. Le taux d'humidité relative pendant le dernier séchage, c'est-à-dire pour des températures du thermomètre sec supérieures à 57 °C (135 °F), devrait être diminué graduellement de 40 à 21 %. Cette dernière valeur est relativement élevée afin de réduire au minimum la consommation de combustible.

L'élimination de la variable liée à l'étage foliaire réduit beaucoup la différence entre la durée des divers séchages. Le déroulement de séchages typiques de feuilles de la 1ère, de la 3e et de la 5e cueillettes (correspondant aux feuilles de sable, aux feuilles de troisième casse et aux feuilles de tête, respectivement), qui est schématisé aux figures 6 à 8, illustre l'importante différence entre les durées de séchage et les durées de chaque phase et donne la vitesse à laquelle les conditions du milieu (augmentation de la température et réduction de l'humidité relative) doivent normalement être modifiées pour obtenir les meilleurs résultats. Il faut faire varier la vitesse de ces conditions, non seulement en raison de différences inhérentes entre la vitesse de séchage des feuilles des divers étages foliaires, mais aussi parce qu'il faut faire

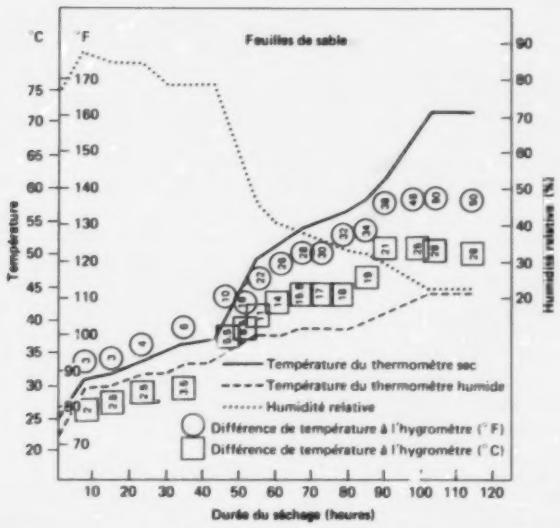


Fig. 6. Programme caractéristique de séchage des feuilles de sable, montrant les variations de température au thermomètre sec, au thermomètre humide et l'humidité relative en fonction du temps.

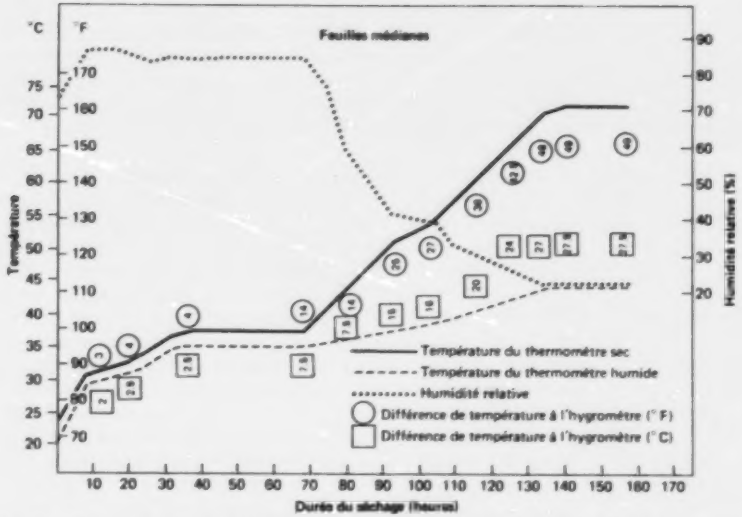


Fig. 7. Programme caractéristique de séchage des feuilles médianes, montrant les variations de température au thermomètre sec, au thermomètre humide et l'humidité relative en fonction du temps.

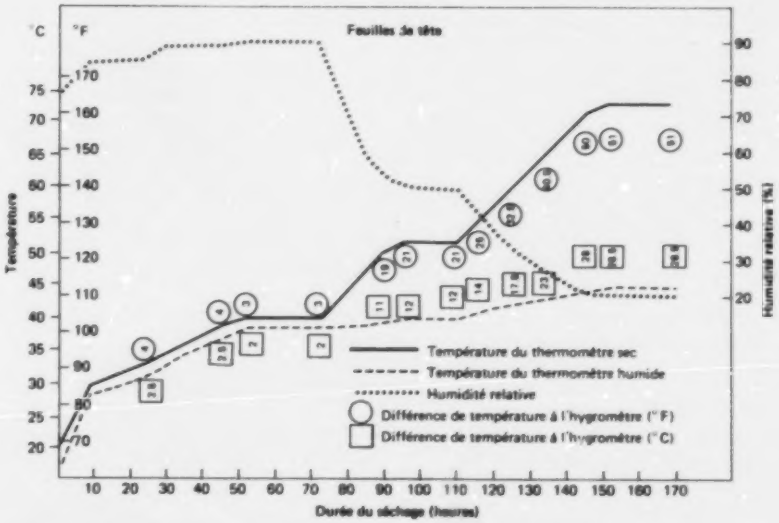


Fig. 8. Programme caractéristique de séchage des feuilles de tête montrant les variations de température au thermomètre sec, au thermomètre humide et l'humidité relative en fonction du temps.

sécher certaines feuilles plus vite que d'autres pour conserver une couleur souhaitable. Par exemple, l'environnement de séchage est modifié plus rapidement avec des feuilles de sable qu'avec des feuilles de tête, car dans le premier cas il est plus important de sécher rapidement pour préserver la couleur.

On examine séparément ci-après les trois phases distinctes du séchage, soit le jaunissement, la fixation de la couleur et le dernier séchage.

Jaunissement. La technique recommandée pour le jaunissement dépend du système de séchage et de l'étage foliaire. Dans le cas des séchoirs en vrac utilisant des cadres ou des contenants, il est essentiel que l'air commence à circuler dans le tabac aussitôt que possible après la cueillette; tout retard à ce stade risque d'entraîner par la suite des difficultés, particulièrement dans les séchoirs utilisant des contenants. Il est préférable de mettre la ventilation en marche le plus tôt possible dans le cas de contenants et de cadres, car la chaleur produite par la respiration de feuilles vivantes peut faire augmenter la température et provoquer l'élimination d'humidité qui s'accumulera alors entre les feuilles. Une telle accumulation diminue ensuite la circulation d'air et peut entraîner une circulation canalisée dans les zones moins touchées par ce phénomène. De plus, en l'absence de circulation d'air, la température des feuilles comprimées augmente rapidement en quelques heures à plus de 43,5 °C (110 °F), ce qui tue les tissus et cause ainsi une fixation en vert. Lorsqu'on sèche du tabac en vrac, il faut charger les cadres ou les contenants et les mettre dans le séchoir dès que possible. Dès que le dernier cadre ou contenant a été chargé, fermer les portes et mettre le ventilateur en marche. Il est important aussi à ce moment de s'assurer que l'air passe dans le tabac; pour ce faire, s'assurer que l'air ne passe pas entre les cadres ou les contenants et que les murs et les portes sont hermétiques.

Vu la chaleur produite par le tabac, la quantité de chaleur artificielle nécessaire dans les séchoirs en vrac pendant la première nuit de séchage est faible sinon nulle. Il faut alors chauffer graduellement le tabac jusqu'à une température de 29,5 à 32,2 °C au thermomètre sec (85–90 °F). Entre-temps, essayer d'élever l'humidité relative à plus de 85 %, ce qui correspond à une différence d'au plus 2 °C entre la température du thermomètre humide au point d'entrée d'air, sous le tabac.

Pendant les premières 24 heures, recirculer un minimum d'air. Il est souhaitable d'amorcer une circulation lente dans le tabac, puis d'augmenter la température du thermomètre sec à 35–40,5 °C (95–105 °F), ce qui est idéal pour le jaunissement. Habituellement, l'humidité relative augmente elle aussi, car les feuilles perdent plus d'humidité en raison de la température accrue et du processus de jaunissement. En fait, la perte d'humidité peut être faible et même nulle, sauf pour ce qui est de l'humidité de surface, tant que les feuilles n'ont pas commencé a jaunir. Toutefois, les feuilles peuvent perdre de l'humidité lorsqu'une mauvaise circulation d'air entraîne une augmentation de température dans les feuilles comprimées ou lorsque la circulation initiale est trop intense. Dans ce dernier cas, une quantité excessive d'air peut circuler dans les zones les moins denses et sécher les feuilles qui s'y trouvent, entraînant ainsi une circulation canalisée plus importante et l'absence de circulation dans d'autres zones. Dans ces zones, l'absence de circulation est accentuée, car une partie de l'humidité extraite de la partie inférieure des cadres ou des contenants est déposée dans la partie supérieure, en partie parce que la circulation d'air est insuffisante pour déplacer l'humidité hors des contenants ou des cadres, mais aussi parce que, pendant son mouvement ascendant, l'air se refroidit et provoque la condensation de l'humidité.

Il faut amorcer une bonne circulation d'air dans le tabac avant que l'humidité ne soit éliminée des feuilles, et la meilleure façon d'y arriver consiste à établir une circulation à faible débit. Il est nécessaire d'établir une bonne circulation dès le début du séchage pour que l'humidité, qui sera ensuite extraite pendant les périodes de tem-

pérature plus élevée et pendant le jaunissement, soit facilement éliminée des feuilles et que les feuilles puissent faner. Pendant ce temps, on doit maintenir un taux d'humidité relative suffisamment élevé pour empêcher la mort prématurée des tissus par dessèchement. La circulation d'air dans le tabac est la partie la plus critique du séchage en vrac. En l'absence de circulation d'air dans le tabac ou en présence d'une circulation excessivement canalisée causée par un chargement inégal ou une recirculation trop importante en début de séchage, le tabac ne pourra être séché convenablement.

Dès que l'on a établi une bonne circulation, une augmentation de la température du thermomètre sec jusqu'à la plage de température souhaitable pour le jaunissement, soit 35–40,5 °C (95–105 °F), favorise le jaunissement et l'extraction d'humidité. Le jaunissement est effectivement possible entre 35 et 40,5 °C (95–105 °F), mais à la limite supérieure de cette plage l'humidité est généralement éliminée et le fanage est plus rapide. Un fanage rapide est avantageux à la condition que l'humidité relative soit maintenue à un niveau satisfaisant. S'il est difficile de maintenir une humidité relative supérieure à 85 % en raison d'une faible teneur en humidité du tabac, de mauvaises conditions météorologiques ou d'une isolation incorrecte des séchoirs, le jaunissement devra alors se faire à la limite inférieure de cette plage.

Il faut faire attention lorsqu'on essaie de modifier l'environnement par ventilation. Par temps chaud, il est souvent difficile de maintenir la température du thermomètre sec au-dessous de 40,5 °C (105 °F), car la respiration peut fournir toute la chaleur nécessaire. Dans de telles conditions, l'humidité relative peut augmenter jusqu'à 95 % ou même plus; il faut alors ventiler pour abaisser l'humidité relative et la température. Une ventilation trop importante peut alors effectivement refroidir la zone au-dessus du tabac, provoquer la condensation d'humidité sur les feuilles supérieures et diminuer la recirculation. Il est donc souhaitable d'assurer une faible ventilation pendant la phase de jaunissement, puis de modifier graduellement l'environnement.

Il faut fermer hermétiquement les séchoirs à ventilation forcée de haut en bas dès que le chargement est terminé. La mise en circulation de l'air dans les feuilles est plus facile à réaliser dans les séchoirs à ventilation forcée que dans les séchoirs en vrac; il est donc moins important de mettre le ventilateur en marche immédiatement. Dans le cas de grandes feuilles possédant une teneur élevée en humidité, il est avantageux normalement de mettre le ventilateur en marche dès que possible après le chargement, non seulement pour obtenir une bonne circulation mais aussi pour éliminer l'humidité libre des feuilles. Dans le cas d'un tabac possédant une faible teneur en humidité ou n'ayant pas atteint la maturité et d'un séchoir mal isolé, particulièrement par temps frais, il est préférable d'avoir seulement une circulation intermittente pendant plusieurs jours, le ventilateur et le brûleur ne fonctionnant alors que pour maintenir à au moins 29,5 °C (85 °F) la température au thermomètre sec de l'air à l'entrée. Dans le cas d'un tabac possédant une teneur élevée en humidité et d'un séchoir bien isolé, particulièrement par temps chaud, il est essentiel de faire fonctionner continuellement le ventilateur pour éviter que la température et l'humidité relative n'augmentent excessivement et pour amorcer le processus de fanage. Pendant les premières 24 heures environ (réchauffement et début du jaunissement), il faut augmenter graduellement la température du thermomètre sec à 29,5–32,3 °C (85–90 °F) ou, si le séchoir n'est pas bien isolé, particulièrement par temps frais, à au plus 8 °C (15 °F) au-dessus de la température extérieure. Entre-temps, s'assurer que le séchoir est hermétiquement fermé pour que l'humidité relative puisse être augmentée au-dessus de 85 % en maintenant une différence d'au plus 2 °C (4 °F) entre la température du thermomètre sec et la température du thermomètre humide. Si cette différence ne peut être maintenue pendant 24 heures, il peut être nécessaire de ventiler de façon intermittente ou d'introduire de l'humidité, particulièrement dans le cas de feuilles des étages foliaires intermédiaire et élevé. On discute de l'introduction d'humidité dans la section qui suit.

Si l'on ne réussit pas à maintenir une différence d'au plus 2 °C (4 °F) entre la température du thermomètre sec et la température du thermomètre humide au-dessus du tabac pendant la phase initiale du jaunissement, il y aura risque de fixation en vert sur la base des feuilles de la travée supérieure. La fixation en vert est un problème plus fréquent dans les séchoirs à ventilation forcée de haut en bas que dans les séchoirs en vrac, mais elle peut se produire dans les feuilles de tête des travées inférieures dans les séchoirs en vrac si la circulation d'air est trop élevée au tout début du jaunissement. Voici les raisons principales de cette différence :

- On obtient plus rapidement un taux approprié d'humidité relative dans les séchoirs en vrac, car ces séchoirs sont mieux isolés et, en raison de leur densité de chargement supérieure, ils renferment plus d'humidité par unité de volume.
- Puisque le limbe à la base des feuilles est moins grand et plus mince que le limbe à la pointe des feuilles, il risque plus de sécher prématurément.
- Dans les séchoirs en vrac, le faux plancher perforé permet d'augmenter la pression dans la conduite d'air à l'entrée et ainsi d'obtenir un courant d'air ascendant uniforme. Dans les séchoirs à ventilation forcée, la base des feuilles de la travée supérieure est exposée directement et de façon non uniforme à l'air qui entre.
- Dans les séchoirs en vrac, les conditions de l'air à l'entrée sont habituellement mesurées au moyen d'un hygromètre, mais seules quelques tentatives de mesure ont été faites dans les séchoirs à ventilation forcée. Dans ces séchoirs, les portes d'inspection sont habituellement situées à une certaine distance en dessous de la cavité d'air supérieure. Même s'il y a des ouvertures donnant dans la cavité d'air supérieure, il est peu pratique de mesurer les conditions environnementales à ces endroits à cause de la distance qui les sépare du sol.

Voici des moyens permettant d'éviter la fixation en vert des feuilles de la travée supérieure dans les séchoirs à ventilation forcée de haut en bas.

- Isoler partiellement ou complètement l'intérieur ou l'extérieur des séchoirs. Le toit et le bout du pignon sont les endroits les plus importants à cet égard, et l'isolation peut dans ce cas suffire pour assurer la régulation convenable du milieu et ainsi éviter la fixation en vert. En isolant mieux, on conserve mieux l'énergie, mais il faut amortir les coûts sur une période acceptable. En général, une période d'amortissement de moins de 5 ans est avantageuse.
- Fermer la partie inférieure de la conduite principale, entre la conduite et le séchoir, pour réduire la circulation directe sur les bases des feuilles, ou installer un écran dans la cavité supérieure pour orienter une partie du courant d'air ailleurs que sur les bases des feuilles.
- Contrôler les conditions environnementales au-dessus du tabac en utilisant les méthodes décrites plus haut et employer tous les moyens nécessaires pour maintenir une température et un taux d'humidité relative qui favorisent un bon jaunissement et empêchent la fixation en vert. Parmi ces moyens, on compte l'introduction d'eau, de préférence sous forme d'un brouillard, dans la conduite au-dessus du brûleur, la ventilation intermittente et la diminution de la température pendant le jaunissement.
- Cueillir seulement des feuilles mûres, car les tissus ayant atteint la maturité sont moins susceptibles de fixer en vert que les tissus qui ne sont pas mûrs.

Dans le cas des feuilles des étages foliaires inférieurs, il est important d'établir la circulation dans le tabac dès le début du séchage. Bien que ces feuilles jaunissent plus rapidement que celles des autres étages, elles doivent être séchées plus rapide-

ment dans la phase de fixation de la couleur pour préserver la couleur jaune. Pour favoriser un séchage rapide pendant la phase de fixation de la couleur, dans le cas des feuilles des étages foliaires inférieurs, utiliser une faible densité de chargement et, à la fin du jaunissement, une humidité relative inférieure à celle utilisée pour les feuilles médianes et de tête. De plus, pour les feuilles des étages foliaires inférieurs, particulièrement pour les feuilles de sable, les températures sont normalement augmentées jusqu'à celles utilisées pour la fixation de la couleur, avant la disparition complète de la chlorophylle. Les petites zones vertes, à moins qu'elles ne soient le résultat de mâchures ou d'autres lésions, disparaissent normalement pendant la dernière partie du séchage ou pendant l'entreposage. Il faut essayer, pendant la période de réchauffement et au début du jaunissement, d'élever l'humidité relative à 85-90 % pour les feuilles de tous les étages foliaires. Au milieu et à la fin du jaunissement, il faut maintenir l'humidité relative dans cette plage ou la diminuer légèrement selon l'étage foliaire. Graduellement obtenir puis maintenir une humidité relative de 79 à 80 % pour les feuilles de sable, de 82 à 83 % pour les feuilles de base et de 85 à 93 % pour les feuille médianes et les feuilles de tête pendant la dernière partie de la phase de jaunissement. À 35 °C (95 °F) sur le thermomètre sec, la température du thermomètre humide devrait être d'environ 31,7 (89 °F) pour les feuilles de sable, de 32,2 °C (90 °F) pour les feuilles de base et de 32,8 à 33,9 °C (91-93 °F) pour les feuilles médianes et les feuilles de tête. À 40,5 °C (105 °F) sur le thermomètre sec, la température du thermomètre humide devrait être d'environ 36,6 °C (98 °F) pour les feuilles de sable, de 37,2 °C (99 °F) pour les feuilles de base et de 37,8 à 39,4 °C (100-103 °F) pour les feuilles médianes et les feuilles de tête.

L'opérateur doit déterminer d'après l'apparence des feuilles, le moment où il doit arrêter le jaunissement et commencer la fixation de la couleur. Si la plupart des feuilles proviennent du même étage foliaire et sont au même stade de maturité au moment de la cueillette, la progression du jaunissement sera uniforme et il sera plus facile de déterminer le moment où l'on devra commencer la fixation. Si l'on prolonge la phase de jaunissement pour éliminer toutes traces de vert, la couleur se dégrade (réactions de brunissement) dans les tissus jaunis. Le moment où l'on cesse le jaunissement pour commencer la fixation doit convenir à la plupart des feuilles, mais il est préférable habituellement, sauf pour les feuilles de l'étage foliaire inférieur, de trop jaunir les feuilles que de laisser des traces de vert. Dans une certaine mesure, ce moment dépend de l'épaisseur des feuilles et de l'étage foliaire dont elles proviennent, car la dégradation de la couleur provoquée par un jaunissement excessif est relativement rapide pour les feuilles minces de l'étage foliaire inférieur et plus lente pour les feuilles plus épaisses des étages foliaires supérieurs. Un jaunissement excessif aura donc un effet moindre sur les feuilles des étages supérieurs que sur celles de l'étage inférieur. Il peut être souhaitable même de prolonger la phase de jaunissement des feuilles des étages supérieurs jusqu'à 24 heures après la disparition de la plupart de la chlorophylle. Cette pratique a l'avantage non seulement de réduire la quantité de tissus verts, mais aussi de rendre la couleur de base plus foncée et de minimiser le nombre de grades. Toutefois, cette pratique peut accroître la fréquence des maladies survenant au cours du séchage, comme le chauffage à la pente qu'il est possible d'arrêter en augmentant la température et en diminuant le taux d'humidité relative pendant la fixation de la couleur.

Les réactions chimiques intervenant dans les feuilles vivantes pendant la phase de jaunissement produisent de petites quantités d'éthylène qui s'échappent et accélèrent le processus de jaunissement. Comme de petites quantités de ce gaz sont avantageuses, on a supposé que de très grandes quantités le seraient encore plus. Les études portant sur l'effet de l'éthylène pendant la phase de jaunissement ont examiné les points suivants : influence des divers milieux de jaunissement; concentration du gaz

et durée de l'introduction; durée du jaunissement compte tenu du degré de maturité, de l'étage foliaire et du degré d'exposition à l'éthylène; caractéristiques physiques et chimiques des feuilles traitées; acceptabilité commerciale; et caractéristiques de fumage des cigarettes fabriquées à partir des feuilles traitées. On a montré que l'éthylène n'avait aucun effet avantageux et que bien souvent il endommageait le tabac qui n'avait pas atteint la maturité ainsi que le tabac humide et dégradait le milieu de jaunissement maintenu à une humidité relative élevée ou très basse. À une humidité relative élevée (plus de 95 %), il peut y avoir apparition d'un nombre excessif de taches, tandis qu'une faible humidité relative (moins de 80 %) peut provoquer une fixation prononcée en vert. Le gaz ne doit être utilisé que sur des feuilles mûres. Il faut éliminer tout excès d'humidité libre sur les feuilles en ventilant avant d'introduire le gaz dans le séchoir; il faut aussi maintenir l'humidité relative à 85–90 % et la température au-dessous de 32,2 °C (90 °F) pendant la période d'exposition. Il faut introduire le gaz sur une période de 12 à 18 heures et utiliser de 2 à 3 L du concentré. Le traitement au gaz réduit habituellement la durée du jaunissement de 10 heures au maximum et rend plus foncée la couleur de base des feuilles. Une couleur de base plus foncée peut améliorer la qualité. Le traitement du tabac trop jeune donne de mauvais résultats. La diminution de la durée de jaunissement peut minimiser l'apparition de maladies au cours du séchage et les lésions qu'elles causent, et réduire la quantité de feuilles de grade vert. Malgré les avantages potentiels du traitement à l'éthylène, ce traitement provoque souvent des dommages ou ne donne aucun avantage. De plus, on a montré au cours d'essais de fumage que le tabac traité possède de moins bonnes caractéristiques organoleptiques que le tabac non traité. Pour ces raisons, on ne recommande pas l'utilisation d'éthylène pendant le séchage.

Fixation de la couleur. Pendant la phase de fixation de la couleur, il faut augmenter la température et réduire l'humidité relative à une vitesse suffisante pour sécher lentement les feuilles et tuer les tissus et ainsi empêcher toute autre réaction chimique, pour conserver la bonne couleur obtenue lors du jaunissement. À ce stade, on ventile de manière à ce que l'air extérieur, qui contient relativement peu d'humidité, remplace lentement l'air intérieur du séchoir, qui en contient davantage. On réduit ainsi l'humidité relative. Une augmentation de température, non accompagnée de ventilation, ne fait que réduire temporairement l'humidité relative, parce que la capacité de l'air à retenir l'humidité s'accroît avec la température. Cependant, la capacité de dessiccation de l'air augmente également avec la température et, en l'absence de ventilation pour éliminer l'humidité supplémentaire libérée par les feuilles sous l'action de la température accrue, l'air devient rapidement saturé d'humidité et le séchage est moins efficace. Si la ventilation n'est pas accompagnée d'une augmentation de température les feuilles sèchent trop lentement pour fixer la couleur, particulièrement si la température du thermomètre sec est dans la plage de jaunissement, auquel cas les réactions chimiques se poursuivent et provoquent une dégradation de la couleur. Pour obtenir les meilleurs résultats, il faut régler la vitesse d'augmentation de la température et la vitesse d'élimination de l'humidité des feuilles selon la capacité de déshumidification du système de ventilation. Lorsque la température augmente rapidement, la ventilation risque d'éliminer moins d'humidité du séchoir que les feuilles n'en dégagent. Il en résulte un accroissement de l'humidité relative et un ralentissement du séchage. Un déséquilibre trop prononcé, particulièrement lorsque la teneur en humidité des feuilles est encore élevée, provoque l'échaudage (brunissement des tissus foliaires). La vitesse à laquelle l'échaudage apparaît dépend de la température et de la teneur en humidité des feuilles. À la fin du jaunissement, lorsque les feuilles renferment normalement 65–75 % de leur humidité initiale, une température de 57 °C (135 °F) au thermomètre sec peut provoquer l'échaudage en quelques minutes. Plus la température du thermomètre sec et la teneur en humidité des feuilles dimi-

nuent, plus il faut de temps pour provoquer l'échaudage. À une température de 49 °C (120 °F) au thermomètre sec et à une humidité initiale de 65 à 75 %, il faut plusieurs heures. Par contre, une réduction de l'humidité à un taux inférieur ou égal à 40 % du taux initial prévient efficacement l'échaudage. L'échaudage résulte invariablement d'une densité de chargement inégale ou d'une circulation d'air non uniforme qui font que le tabac sèche peu ou pas du tout dans certaines parties du séchoir, alors qu'il sèche normalement dans d'autres. Les feuilles se trouvant dans les zones où le séchage est lent peuvent alors être exposées à des températures élevées avant que leur teneur en humidité n'ait été suffisamment diminuée.

Il est nécessaire d'augmenter la température et de réduire l'humidité relative simultanément durant la phase de fixation de la couleur, mais la vitesse de ces changements peut varier considérablement sans poser de graves problèmes. Toute vitesse d'augmentation de température inférieure ou égale à 1,68 °C (3 °F) par heure convient pourvu qu'il soit possible de réduire assez rapidement l'humidité relative. Cependant, l'élimination de l'humidité des feuilles risque d'être trop lente pour empêcher l'échaudage, lorsque la vitesse d'augmentation de température est égale ou supérieure à 2,24 °C (4 °F) par heure. Même si une vitesse d'augmentation de 1,12 ou 1,68 °C (2 ou 3 °F) par heure peut être accompagnée d'une vitesse de séchage appropriée, le tabac ainsi séché présente une moins bonne texture que le tabac exposé à une augmentation de 0,28 à 0,84 °C (0,5–1,5 °F) par heure. Cette dernière plage offre une marge de manoeuvre considérable pour ce qui est de la vitesse de réduction de l'humidité relative. Trois programmes d'augmentation de la température du thermomètre humide correspondant à des augmentations de la température du thermomètre sec de 0,28, 0,56 et 0,84 °C (0,5, 1,0 et 1,5 °F) par heure donnent neuf vitesses possibles de changement de l'environnement, dont chacune convient à certaines conditions de séchage ou à certains étages foliaires. Ces environnements (E1 à E9) présentent des conditions analogues à celles données au tableau 1. Toutefois, contrairement à l'information donnée au tableau 1, les variations de ces conditions environnementales (E1 à E9) sont fonction du temps.

- Augmentation de 0,28 °C (0,5 °F) par heure sur le thermomètre sec pendant 50 heures, de 43,3 à 57,2 °C (110–135 °F).

E1. Augmenter la température du thermomètre humide de 0,56 °C (1,0 °F) toutes les 5 heures, de 35,5 °C (96 °F), la température du thermomètre sec étant de 43,3 °C (110 °F), jusqu'à 40 °C (104 °F), la température du thermomètre sec étant alors de 54,4 °C (130 °F); puis maintenir à 40 °C (104 °F) jusqu'à ce que la température du thermomètre sec atteigne 57,2 °C (135 °F).

E2. Augmenter la température du thermomètre humide de 1,12 °C (2,0 °F) toutes les 5 heures, de 37,8 °C (100 °F), la température du thermomètre sec étant de 43,3 °C (110 °F), jusqu'à 40 °C (104 °F), la température du thermomètre sec étant alors de 48,9 °C (120 °F); puis maintenir à 40 °C (104 °F) jusqu'à ce que la température du thermomètre sec atteigne 57,2 °C (135 °F).

E3. Maintenir la température du thermomètre humide à 40 °C (104 °F) tout au long de l'augmentation de la température du thermomètre sec.

- Augmentation de 0,56 °C (1,0 °F) par heure sur le thermomètre sec pendant 25 heures, de 43,3 à 57,2 °C (110–135 °F).

E4. Augmenter la température du thermomètre humide de 1,12 °C (2,0 °F) toutes les 5 heures, de 35,5 °C (96 °F), la température du thermomètre sec étant de 43,3 °C (110 °F), jusqu'à 40 °C (104 °F), la température du thermomètre sec étant alors de 54,4 °C (130 °F); puis maintenir à 40 °C (104 °F) jusqu'à ce que la température du thermomètre sec atteigne 57,2 °C (135 °F).

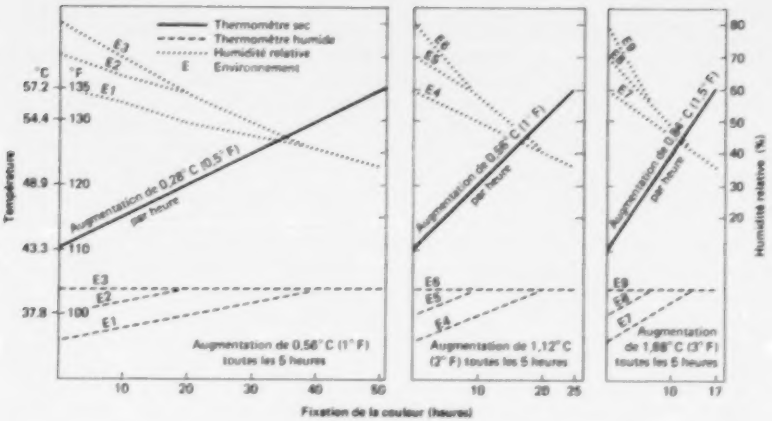


Fig. 9. Effets de mauvaises conditions de séchage.

E5. Augmenter la température du thermomètre humide de 1,12 °C (2,0 °F) toutes les 5 heures, de 37,8 °C (100 °F), la température du thermomètre sec étant de 43,3 °C (110 °F), jusqu'à 40 °C (104 °F), la température du thermomètre sec étant alors de 48,9 °C (120 °F); puis maintenir à 40 °C (104 °F) jusqu'à ce que la température du thermomètre sec atteigne 57,2 °C (135 °F).

E6. Maintenir la température du thermomètre humide à 40 °C (104 °F) tout au long de l'augmentation de la température du thermomètre sec.

• Augmentation de 0,84 °C (1,5 °F) par heure sur le thermomètre sec pendant 16,66 heures, de 43,3 à 57,2 °C (110–135 °F).

E7. Augmenter la température du thermomètre humide de 1,68 °C (3,0 °F) toutes les 5 heures, de 35,5 °C (96 °F), la température du thermomètre sec étant de 43,3 °C (110 °F), jusqu'à 40 °C (104 °F), la température du thermomètre sec étant alors de 54,4 °C (130 °F); puis maintenir à 40 °C (104 °F) jusqu'à ce que la température du thermomètre sec atteigne 57,2 °C (135 °F).

E8. Augmenter la température du thermomètre humide de 1,68 °C (3,0 °F) toutes les 5 heures, de 37,8 °C (100 °F), la température du thermomètre sec étant de 43,3 °C (110 °F), jusqu'à 40 °C (104 °F), la température du thermomètre sec étant alors de 48,9 °C (120 °F); puis maintenir à 40 °C (104 °F) jusqu'à ce que la température du thermomètre sec atteigne 57,2 °C (135 °F).

E9. Maintenir la température du thermomètre humide à 40 °C (104 °F) tout au long de l'augmentation de la température du thermomètre sec.

La représentation graphique de ces conditions, donnée à la figure 9, montre également la variation de l'humidité relative. L'augmentation de température sur le thermomètre sec, dont la vitesse passe de 0,28 °C (0,5 °F) par heure à 0,84 °C (1,5 °F) par heure, est accompagnée nécessairement d'une chute de plus en plus rapide de l'humidité relative. En examinant les différences de température entre le thermomètre sec et le thermomètre humide, on voit que le taux d'humidité relative au cours de la phase de fixation de la couleur dépend de la température initiale sur le thermomètre humide. En effet, lorsque la température sur le thermomètre humide est la même au départ, comme c'est le cas avec les programmes E1, E4 et E7 la différence de température entre le thermomètre sec et le thermomètre humide est également la même

pour une température donnée sur le thermomètre sec, même si la vitesse de réduction de l'humidité relative diffère considérablement. Cette constatation s'applique également dans le cas des programmes E2, E5 et E8 et des programmes E3, E6 et E9.

Les programmes E1, E2 et E3, qui comportent une vitesse d'augmentation de 0,28 °C (0,5 °F) par heure sur le thermomètre sec, conviennent mieux pour les feuilles de tête et les feuilles immédiatement en dessous que pour les autres feuilles particulièrement si le séchage est lent en raison d'une densité de chargement élevée ou inégale et d'une circulation non uniforme. Dans ces conditions, il peut s'avérer nécessaire d'accroître lentement la température sur le thermomètre sec et de sécher lentement pour éviter l'échaudage. Ces conditions sont aussi utiles pour sécher dans des contenants les feuilles provenant des étages foliaires supérieurs, car il est plus difficile dans ce cas d'assurer une circulation uniforme que dans le cas de cadres ou de lattes. Si l'augmentation de la température du thermomètre sec et le séchage sont lents, le jaunissement peut encore se poursuivre longtemps, avec tous les types de feuilles, sauf avec celles qui sont exposées les premières à l'air venant de l'extérieur, en particulier dans les conditions E3. Le programme E1 est utile pour sécher les feuilles charnues par temps frais. Dans ce cas, il peut s'avérer nécessaire de terminer le jaunissement à une température relativement basse, c'est-à-dire inférieure ou égale à 32,2 °C (90 °F) sur le thermomètre sec, afin d'empêcher la fixation en vert puis de ventiler pour sécher légèrement le tabac pendant que la température est encore dans la plage de jaunissement, c'est-à-dire au-dessous de 43,3 °C (110 °F). C'est pourquoi, dans le programme E1, la température du thermomètre humide est faible au début de la phase de fixation de la couleur. On peut utiliser le programme E2 en utilisant des feuilles jaunies à une température maximale de 35 à 37,8 °C (95–100 °F) et en séchant moins en dessous de la plage de fixation de la couleur. Le programme E3 peut servir dans le cas des étages foliaires supérieurs, lorsque la température finale de jaunissement est supérieure à 37,8 °C (100 °F) et que la ventilation ou le séchage a été faible sinon nul avant que la température du thermomètre sec n'atteigne 43,3 °C (110 °F). Après le jaunissement, les feuilles charnues peuvent rester à l'état non séché plus longtemps que celles des étages foliaires inférieurs, sans qu'il y ait perte de qualité, les programmes E1, E2 et E3 ne doivent donc être utilisés qu'avec les feuilles des étages supérieurs et uniquement dans des circonstances spéciales. Dans le cas des programmes E1, E2 et E3, la vitesse d'augmentation de la température du thermomètre sec doit être d'environ 0,28 °C (0,5 °F) par heure, même dans la plage de jaunissement. Les principaux inconvénients des programmes E1, E2 et E3 sont la longue durée de séchage, le long intervalle entre chaque chargement et la perte de poids plus élevée que celle obtenue avec un séchage plus rapide.

Les programmes E4, E5 et E6, qui comportent une vitesse d'augmentation de la temperature de 0,56 °C (1,0 °F) par heure sur le thermomètre sec, peuvent être considérés comme appropriés pour toutes les feuilles, mais ils conviennent particulièrement bien pour les feuilles médianes et les feuilles de tête, si la charge et la circulation de l'air sont uniformes et si la densité de chargement est normale. Tout comme le programme E1, le programme E4 peut être utilisé lorsque la température de jaunissement doit être maintenue à une faible valeur pour empêcher la fixation en vert. Les programmes E5 et E6 sont équivalents aux programmes E2 et E3 respectivement, pour ce qui est de la température de jaunissement et du degré de ventilation ou du séchage avant la phase de fixation de la couleur.

Les programmes E7, E8 et E9, qui comportent une augmentation de 0,84 °C (1,5 °F) par heure, peuvent servir dans le cas des feuilles de sable et des feuilles de base, qui sont minces, surtout si la charge est légère et uniforme et si la circulation est uniforme. En ce qui concerne la température maximale de jaunissement et le degré de ventilation ou de séchage avant la phase de fixation de la couleur, le programme E7 est comparable aux programmes E1 et E4; E8 aux programmes E2 et E5; et E9

aux programmes E3 et E6. L'élévation rapide de la température et le séchage rapide des programmes E7, E8 et E9 conviennent pour les feuilles de sable et pour les feuilles de base, car ces feuilles doivent être séchées rapidement pour prévenir toute perte de qualité.

On peut modifier les programmes E1 à E9 à la condition de respecter l'exigence fondamentale, soit la réduction continue de l'humidité relative. Par exemple, la température du thermomètre humide peut augmenter à 41,1 °C (106 °F) ou même à 42,2 °C (108 °F) après 40, 20 et 13 heures dans les programmes E1 à E3, E4 à E6 et E7 à E9 respectivement, si on laisse la température du thermomètre humide augmenter à la vitesse indiquée au lieu de la maintenir à 40 °C (104 °F). Par ailleurs, on peut faire augmenter un peu plus lentement la température du thermomètre humide de manière à ce qu'elle soit inférieure à 40 °C à la fin de la fixation de la couleur. Le fait d'utiliser des températures du thermomètre humide plus élevées ou plus basses que celles indiquées dans le programme influe dans une certaine mesure sur la vitesse de séchage. Cependant, le séchage est relativement rapide vers la fin de la fixation de la couleur lorsque la température du thermomètre humide est inférieure ou égale à 41,1 °C (106 °F).

Avec les programmes E1 à E9, on peut faire augmenter aux vitesses indiquées la température du thermomètre sec de façon continue, tant que les différences de température entre le thermomètre humide et le thermomètre sec sont à peu près égales à celles données à la figure 9 et que le séchage des feuilles sur une travée donnée est raisonnablement uniforme. En pratique, la vitesse de séchage n'est pas totalement uniforme et les différences de température à l'hygromètre peuvent varier considérablement à un niveau donné. Pour cette raison, il est généralement conseillé d'arrêter l'augmentation de température du thermomètre sec vers 48,9–51, 7 °C (120–125 °F) et d'examiner le tabac pour voir si le séchage est uniforme. S'il est raisonnablement uniforme, on peut poursuivre l'augmentation de température. Sinon, on doit maintenir la température du thermomètre sec jusqu'à ce que le séchage dans les zones où la dessiccation est lente ait atteint le même degré que dans les zones où elle est rapide, au moment où l'on a arrêté l'augmentation de température. Ceci prend généralement moins de 20 heures. Pendant ce temps, il faut poursuivre la ventilation pour réduire l'humidité relative. Dans ce cas, une augmentation ininterrompue pourrait provoquer l'échaudage des feuilles dans les zones où le séchage est lent. Cette méthode combine en fait une augmentation de température et un séchage lents, comme avec les programmes E1, E2 et E3 et une augmentation de température et un séchage moyens comme avec les programmes E4, E5 et E6.

La progression de la fixation de la couleur doit être telle que la plus grande partie de l'humidité ait été éliminée du limbe des feuilles situées près de l'arrivée d'air (travées supérieures des séchoirs à ventilation forcée de haut en bas et partie inférieure des séchoirs servant au séchage en vrac) lorsque la température du thermomètre sec atteint 57,2 °C (135 °F). À ce stade, la plus grande partie de l'humidité des petites nervures, même dans la partie de la côte située près de la pointe des feuilles, a été éliminée et les feuilles situées près de l'arrivée d'air sont bien recroquevillées, les parties exposées du limbe sont sèches au toucher et les zones moins exposées sont sèches ou possèdent une texture ressemblant à celle du cuir. Certains signes de dessèchement doivent également être visibles sur le limbe des feuilles situées près de la sortie d'air. Le bord et la pointe des feuilles doivent être légèrement recroquevillées, mais les parties moins exposées renferment encore une quantité appréciable d'humidité. Si les feuilles situées à proximité de la sortie d'air présentent peu sinon aucun signe de dessèchement, on doit maintenir la température à 57,2 °C (135 °F) jusqu'à ce que ces signes apparaissent. Quelle que soit la méthode employée, le séchage est normalement suffisant lorsque la température du thermomètre sec atteint 57,2 °C (135 °F) et que les différences de température à l'hygromètre ont été respectées au

cours de la fixation de la couleur; on peut alors augmenter la température du thermomètre sec et réduire davantage l'humidité relative pour le séchage final.

Séchage final (réduction des côtes). Les côtes des feuilles étant plus difficiles à sécher que le parenchyme, il faut augmenter la température et réduire l'humidité relative pour accélérer le séchage. La réduction des côtes pourrait s'effectuer à 57,2 °C (135 °F), mais l'opération prendrait alors trop de temps pour être rentable. L'augmentation de la température du thermomètre sec pendant le séchage final ne nuit pas normalement à l'obtention d'une baisse rapide d'humidité relative et d'un séchage rapide. À ce stade la plus grande partie de l'humidité a été éliminée des feuilles, le taux d'humidité de l'air est faible et la capacité de dessiccation de l'air augmente rapidement. Pendant cette phase, il n'est pas nécessaire de beaucoup ventiler pour sécher rapidement les feuilles. Il faut plutôt diminuer graduellement la ventilation pour réduire au minimum les pertes de chaleur du séchoir. Comme les feuilles renferment peu d'humidité durant le séchage final, on peut augmenter la température plus rapidement que pendant la fixation de la couleur, sans risque d'échaudage. Néanmoins, il est important de limiter l'élévation de la température du thermomètre sec à 1,12 °C (2 °F) par heure, car la couleur de base pourrait prendre une teinte rouge ou une teinte plus foncée si l'humidité relative n'est pas réduite assez rapidement.

La méthode utilisée pour le séchage final dépend en partie de celle qui a été suivie pour la fixation de la couleur, car l'humidité relative à la fin de la phase de fixation de la couleur n'est pas toujours la même. En général, les différences de température à l'hygromètre sont alors de 16 à 19 °C (29–34 °F) et l'humidité relative est de 31 à 39 %. Pendant le séchage final, l'augmentation la plus appropriée de température sur le thermomètre sec est de 0,84 °C (1,5 °F) par heure. (On peut également utiliser une augmentation de 0,56 °C par heure, mais nous ne considérerons ici qu'une augmentation de 0,84 °C (1,5 °F), car une seule augmentation réduit au minimum le nombre d'options possibles et simplifie l'opération de séchage.) Le but du séchage final est d'accroître la température du thermomètre sec de 57,2 °C (135 °F) à environ 72,8 °C (163 °F) au rythme de 0,84 °C (1,5 °F) par heure, tout en diminuant l'humidité relative de 31 à 39 % (valeur au départ) à 22–25 %. Pour ce faire, il suffit d'augmenter la température du thermomètre humide d'un minimum d'environ 38,3 °C (101 °F) ou d'un maximum d'environ 41,1 °C (106 °F) à la fin de la fixation de la couleur, à un minimum de 44,4 °C (112 °F) ou à un maximum de 46,6 °C (116 °F) à la fin du séchage, à raison de 0,84 °C (1,5 °F) au minimum ou de 2,24 °C (4 °F) au maximum toutes les 5 heures. Normalement, on peut facilement obtenir les températures voulues sur le thermomètre humide en faisant augmenter la température du thermomètre sec. En fait, il est généralement nécessaire de fermer progressivement le ventilateur d'arrivée pour maintenir la température du thermomètre humide au niveau indiqué. En raison de l'énorme capacité de dessiccation d'un milieu chaud et peu humide, le séchage sera rapide sur une vaste plage d'humidité relative. Il y a donc peu ou pas d'avantage, en ce qui concerne la durée du séchage, à ventiler beaucoup et à utiliser une température du thermomètre humide inférieure à la valeur indiquée. Toutefois, si la température du thermomètre humide est trop élevée durant cette phase, les tissus foliaires peuvent rougir. Ce rougissement risque également de se produire si on laisse la température du thermomètre sec dépasser 76,6 °C (170 °F) ou si le séchage final doit être prolongé parce que la dessiccation n'était pas uniforme dans toutes les parties du séchoir.

La détermination du moment où le séchage final est terminé constitue l'aspect le plus difficile de toute l'opération. Si la circulation de l'air n'est manifestement pas uniforme, alors les feuilles se trouvant dans les zones où le séchage est lent seront les dernières à sécher complètement. Lorsque ces zones sont inaccessibles, on peut difficilement déterminer à quel moment le séchage doit être interrompu. Ordinaire-

ment, l'opérateur sait par expérience combien de temps il lui faut attendre après que les feuilles situées dans les zones accessibles ont complètement séché. Pour économiser le combustible, il faut cesser le chauffage dès que possible. Il y a lieu de se rappeler, toutefois, que les feuilles dont les côtes n'ont pas complètement séché et qui sont entreposées dans cet état se gâteront et détérioreront les feuilles bien séchées. S'il n'y a que quelques feuilles non séchées, elles peuvent être jetées sans qu'il en résulte une perte de rendement substantielle. Par contre, s'il y en a beaucoup, il peut s'avérer nécessaire de chauffer de nouveau le tabac. Or, cette opération, en plus d'augmenter le temps de traitement de chaque lot, risque aussi de causer des pertes au champ, si elle est effectuée lorsque les feuilles doivent être cueillies pour éviter le gel. Ce chauffage supplémentaire est par ailleurs coûteux en combustible. Pour éviter ces problèmes, il est conseillé de prolonger le séchage final pendant au moins 6 heures.

Séchage en conditions spéciales

Temps pluvieux. Un temps pluvieux rend le séchage difficile et coûteux. Dans ces conditions, l'humidité relative de l'air d'arrivée peut être égale ou légèrement inférieure à 100 %. En chauffant cet air dans le séchoir, on réduit son taux d'humidité relative et on augmente sa capacité de rétention d'humidité et sa capacité de dessiccation, mais la quantité de chaleur exigée est alors supérieure à celle qui est nécessaire pour chauffer un volume égal d'air plus sec. En outre, l'air humide présente une capacité de dessiccation inférieure à celle de l'air plus sec à la même température, parce que l'humidité relative de l'air humide reste plus élevée. La capacité de dessiccation de l'air humide ne sera équivalente à celle de l'air sec que si l'humidité relative est réduite par ventilation et chauffage accrus. Évidemment, il est possible que la faible capacité de dessiccation de l'air humide constitue un avantage lors de la phase de jaunissement, s'il est difficile de maintenir l'humidité relative à un niveau assez élevé pour empêcher la fixation en vert.

Par temps pluvieux, la teneur élevée en humidité des feuilles et l'excès d'eau qui les recouvre accroissent la difficulté et le coût du séchage. En effet, il faut davantage de chaleur pour éliminer cet excès d'humidité. De plus, il est souvent difficile de réaliser le séchage initial ou le fanage des feuilles mouillées, qui sont plus rigides et plus gonflées que les feuilles sèches, parce que l'air circule difficilement dans ces feuilles. Les difficultés liées à la circulation de l'air dans les feuilles peuvent se traduire par des problèmes au moment du séchage, comme la dégradation de la couleur résultant d'un taux d'humidité trop élevé ou d'un séchage trop lent. Comme un excès d'eau provoque un nouvel apport d'éléments nutritifs, les feuilles cueillies par temps pluvieux peuvent retourner à un état de maturité moins avancé. Il est possible que ces feuilles présentent une teneur élevée en azote et en amidon et une faible teneur en sucres; de plus, pendant la phase de jaunissement, la disparition de la chlorophylle qui fait apparaître la couleur jaune peut s'accompagner d'un brunissement. Cette dégradation de la couleur survient généralement au cours du jaunissement, avant que la teneur en chlorophylle n'ait suffisamment diminué pour qu'on entreprenne la fixation de la couleur. Ce phénomène, qui produit des feuilles souvent qualifiées de « lavées », est plus susceptible de se produire si la teneur en matière organique du sol est élevée, si une importante quantité d'engrais a été épandue directement sur le sol ou encore si l'irrigation ou les précipitations sont inférieures à la normale pendant la saison de croissance. Inversement, les pieds de tabac ayant reçu davantage d'eau d'irrigation ou de pluie pendant la saison de croissance sont moins susceptibles de retourner à un état de maturité moins avancé par temps pluvieux. Toutefois, ces plantes manquent généralement de corps et de texture et produisent une proportion importante des grades pâles ou gris, particulièrement si la teneur du sol en matière organique est faible. S'il est nécessaire de cueillir le tabac par temps pluvieux, utiliser

des charges plus petites, augmenter la ventilation et procéder au jaunissement à une température supérieure à la normale.

Temps sec. Lorsque le temps est anormalement sec au moment du séchage, il est difficile de maintenir une humidité relative suffisamment élevée pour empêcher la fixation en vert pendant le jaunissement. Si les précipitations et l'irrigation ont été insuffisantes pendant la saison de croissance, les feuilles risquent d'être petites, de présenter une faible teneur en humidité et d'être lentes à mûrir. Il peut alors s'avérer nécessaire de surcharger le séchoir pour obtenir une humidité suffisante qui assurera un jaunissement satisfaisant. Cet ajustement est particulièrement important dans le cas des feuilles de tête dont la teneur en humidité peut se révéler anormalement faible à cause d'une maturité tardive et d'une exposition possible à des températures froides. Le séchage des feuilles pose moins de problèmes par temps sec que par temps pluvieux.

Les feuilles récoltées pendant une période de sécheresse prolongée risquent également de présenter des mâchures.

Temps froid. Le tabac est fréquemment exposé à des températures basses et même au gel vers la fin de la saison. Les tissus endommagés par le gel, qui deviennent brun ou brun rougeâtre, sont morts et n'ont aucune valeur après séchage. Par ailleurs, les feuilles exposées à des températures froides mais supérieures au point de congélation peuvent sembler normale; cependant, à cause de leur faible teneur en humidité, elles risquent de sécher prématurément pendant le jaunissement, avant que ne se produisent les transformations chimiques intervenant au cours de cette phase. Pour sécher le tabac exposé au froid, il faut charger abondamment le séchoir, maintenir pendant le jaunissement une humidité élevée, en fermant les ventilateurs, une température inférieure à la normale et, au besoin, augmenter le taux d'humidité. L'humidité supplémentaire devrait être ajoutée sous forme d'un fin brouillard comme celui produit par des humidificateurs, ou des ajutages sous pression élevée. De plus, on peut de temps en temps injecter de la vapeur sous basse pression. Toutefois, la chaleur supplémentaire qui accompagne cette vapeur risque d'accélérer le séchage et d'avoir des effets néfastes sauf si les injections sont de courte durée.

Temps venteux. Par temps venteux, le côté du séchoir sous le vent peut présenter une température plus élevée que le côté au vent, particulièrement dans le cas de séchoirs mal isolés. Dans ces conditions, les feuilles peuvent brunir en raison d'un échaudage ou d'un jaunissement trop poussé. Pour contrer l'effet du vent, protéger les séchoirs avec des brise-vent ou isoler les séchoirs.

Séchoirs surchargés. Dans un séchoir qui contient trop de tabac, la circulation n'est pas assez efficace pour provoquer le fanage. Il est alors important d'amorcer la circulation le plus tôt possible après la cueillette et le chargement. Le débit doit être très faible au début, particulièrement dans le cas des séchoirs servant au séchage en vrac. En général, il faut procéder au jaunissement comme si le tabac avait été exposé à un temps pluvieux au moment de la cueillette. Le jaunissement doit être effectué à la plus haute température possible pour provoquer le fanage et améliorer la circulation de l'air. Pendant les premières 24 heures, avant que le jaunissement ne soit bien avancé, faire passer la température du niveau ambiant à environ 35 °C (95 °F). Lorsque le jaunissement a commencé, augmenter la température à environ 40,5 °C (105 °F). Entre-temps, chercher à obtenir pour l'air d'arrivée, des températures sur le thermomètre humide inférieures d'environ 1,7-2,2 °C (3-4 °F) à celles sur le thermomètre sec. Lors du jaunissement, l'élévation rapide de la température devrait permettre d'obtenir cette différence, mais il peut aussi s'avérer nécessaire d'asurer une

ventilation supérieure à la normale. Toutefois, il faut éviter une ventilation trop importante à ce stade, car elle pourrait nuire à la circulation et refroidir le tabac situé près de la sortie d'air, causant ainsi la condensation de l'humidité. Si, malgré ces mesures, la circulation est insuffisante pour provoquer le fanage, augmenter la température de la plage de jaunissement jusqu'à environ 51,7 °C (125 °F), puis la ramener au niveau de la température de jaunissement en l'espace d'une demi-heure environ, afin de forcer l'air à travers les feuilles. Répéter l'opération au besoin.

Séchoirs insuffisamment remplis. Si, en fin de saison, on ne dispose pas d'une quantité suffisante de tabac pour remplir un séchoir, traiter le tabac comme s'il avait été exposé au froid. Si possible, maintenir une différence de 1,7 à 2,2 °C (3–4 °F) à l'hygromètre en fermant les ventilateurs, en introduisant de l'humidité dans le séchoir et en utilisant une température de jaunissement inférieure ou égale à 35 °C si nécessaire.

Feuilles n'ayant pas atteint la maturité. Les feuilles n'ayant pas atteint la maturité mettent plus de temps à jaunir et, une fois jaunies, prennent plus rapidement une coloration brune indésirable que les feuilles mûres. Ce changement est plus lent dans le cas des feuilles des étages foliaires supérieurs; ainsi, il est habituellement moins difficile de sécher ce type de feuilles lorsqu'elles proviennent des étages foliaires supérieurs que lorsqu'elles proviennent des étages foliaires inférieurs. Par exemple, des feuilles de sable n'ayant nettement pas atteint la maturité deviennent brunes rapidement pendant le jaunissement, et on peut difficilement les sécher assez rapidement pour conserver la couleur jaune. Ce type de feuilles doit donc être jauni pendant plus longtemps et séché plus rapidement.

Effets des mauvaises conditions de séchage

Certains des effets caractéristiques des mauvaises conditions de séchage sont illustrés aux figures 10 à 21.

Fixation en vert. Les températures supérieures à 43,3 °C (110 °F) tuent les tissus des feuilles et empêchent les transformations chimiques qui provoquent le jaunissement de se produire. Si la température dépasse 43,3 °C (110 °F) avant que les feuilles n'aient complètement jauni, il y a fixation en vert. L'importance de la fixation en vert dépend de la progression du jaunissement. Au début du jaunissement, une exposition de quelques heures à une température supérieure à 43,3 °C (110 °F) suffit pour fixer toutes les feuilles en vert. Le facteur le plus important est la température dans la masse de feuilles. Celle-ci peut être jusqu'à 6 °C (10 °F) moins élevée que celle du côté de l'arrivée d'air, en raison du refroidissement par évaporation. Il est donc souvent possible, particulièrement dans le cas des séchoirs où la densité de chargement est très élevée, que la température de l'air libre au-dessous du tabac, c.-à-d. là où l'on mesure les conditions du milieu dépasse 43,3 °C (110 °F) sans qu'il y ait fixation en vert.

La fixation en vert peut aussi survenir à des températures inférieures à 43,3 °C (110 °F), lorsqu'on élimine un excès d'humidité par séchage prématuré du tabac. Le taux d'humidité doit être relativement élevé pour maintenir les feuilles en vie et permettre ainsi au jaunissement de s'effectuer. Il faut tout mettre en oeuvre pour éviter qu'il y ait fixation en vert lors du séchage, même s'il en résulte un certain brunissement des tissus foliaires.

Brunissement. Le jaunissement excessif est l'une des principales causes du brunissement. En effet, on maintient les feuilles en vie pour que les réactions chimiques qui provoquent le jaunissement puissent se produire. Mais dès que les feuilles ont

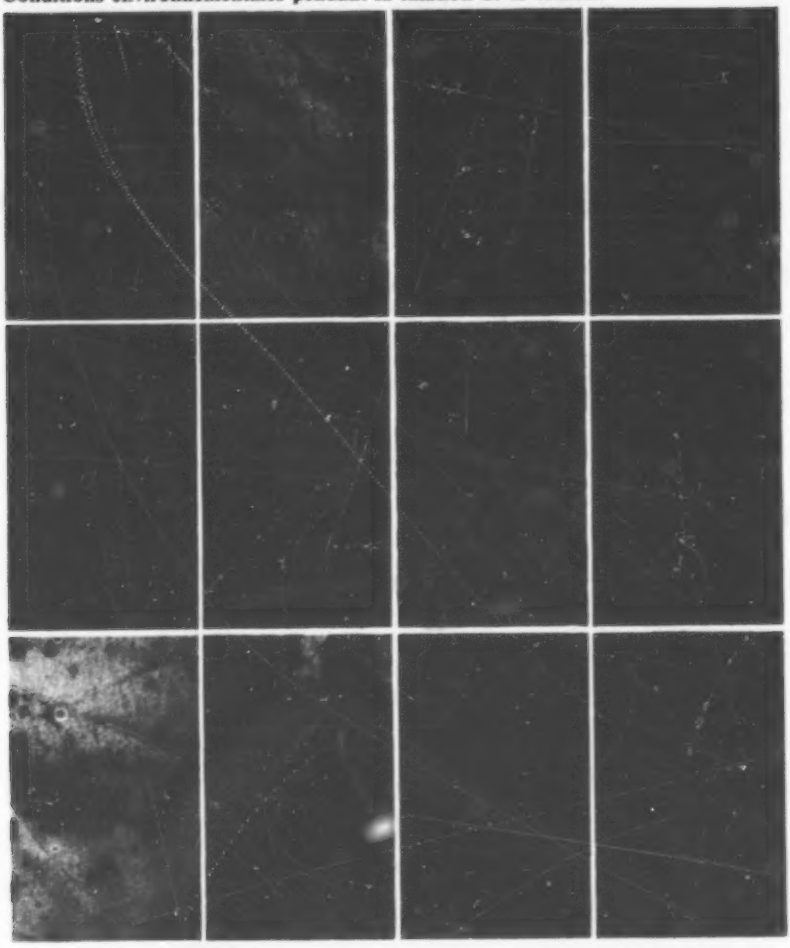


Fig. 10. Aspect caractéristique d'une feuille jaunie à 35–40,6 °C (95–105 °F).

Fig. 11. Fixation en vert d'une feuille exposée à une humidité relative inférieure à 75 % pendant le jaunissement.

Fig. 12. Tachetures et brunissement caractéristiques provoqués par un jaunissement à 29,4 °C (85 °F).

Fig. 13. Taches ressemblant aux taches produites par la rouille du tabac sur des feuilles de sable jaunies dans des conditions d'humidité élevée et de mauvaise circulation d'air.

Fig. 14. Brunissement dû à un jaunissement excessif.

Fig. 15. Brunissement du parenchyme dû à l'échaudage.

Fig. 16. Brunissement le long des nervures dû à l'échaudage.

Fig. 17. Spongiosité due à une variation de température pendant le jaunissement, combinée à une humidité élevée, à une mauvaise circulation et à un séchage lent.

Fig. 18. Taches d'encre dues à une humidité et à une température élevées pendant le jaunissement.

Fig. 19. Cas grave de taches d'encre.

Fig. 20. Roussissement causé par un séchage prolongé ou par un séchage à une température supérieure à 76,6 °C (170 °F).

Fig. 21. Coulure causée par une baisse de température pendant la fixation de la couleur ou pendant le séchage final.

jauni, elles commencent à brunir si l'on ne tue les tissus foliaires pour empêcher toute autre transformation chimique. Le brunissement dû à un jaunissement excessif se produit surtout lorsque toutes les feuilles n'ont pas atteint le même degré de maturité au moment de la cueillette. Dans ce cas, les feuilles plus mûres brunissent avant que les autres n'aient complètement jauni. Les réactions chimiques intervenant au cours du jaunissement et du brunissement sont plus rapides dans les feuilles minces des étages inférieurs que dans les feuilles épaisses des étages supérieurs. Il faut donc sécher plus rapidement les feuilles des étages inférieurs dès que le jaunissement est terminé. S'il s'agit de feuilles très minces qui n'ont pas atteint la maturité on ne pourra pas les sécher assez rapidement pour empêcher le brunissement. Pour éviter ce brunissement causé par un jaunissement excessif, les feuilles doivent avoir atteint le même degré de maturité au moment de la cueillette et doivent être séchées rapidement pendant la phase de fixation de la couleur.

On obtient les meilleurs résultats durant la phase de fixation de la couleur en augmentant la température et en réduisant simultanément l'humidité relative. Le séchage risque d'être trop lent si on diminue rapidement l'humidité relative en n'augmentant que légèrement ou pas du tout la température ou encore si on augmente la température en variant peu l'humidité relative. Trop souvent, on compte sur une augmentation de température pour le séchage des feuilles, ce qui peut provoquer un type de brunissement appelé échaudage. Pour éviter l'échaudage, la vitesse d'augmentation de la température doit être basée sur la vitesse de diminution de l'humidité relative ou sur le taux d'accroissement de l'écart entre la température du thermomètre sec et la température du thermomètre humide. Plus cet écart augmente rapidement, plus on peut augmenter rapidement la température sans risque d'échaudage.

Spongiosité. Cet état se manifeste par une coloration variant de brun pâle à brun, qui donne aux feuilles un aspect bigarré. Contrairement au brunissement, qui apparaît comme une coloration unie sur certaines parties des feuilles touchées, la spongiosité est moins prononcée et plus pâle, bien qu'elle puisse prendre une teinte relativement foncée sur les feuilles des étages supérieurs. Sur les feuilles minces et claires, la spongiosité peut sembler grise. Elle peut résulter d'un jaunissement prolongé, d'un séchage trop lent pendant la fixation de la couleur ou d'une alternance chauffage-refroidissement pendant le jaunissement. La spongiosité apparaît le plus souvent sur le tabac séché par convection et elle est beaucoup moins courante sur le tabac séché par ventilation forcée, particulièrement sur le tabac séché en vrac qui est exposé à un débit d'air élevé. Pendant le séchage par ventilation forcée, le débit d'air semble suffisamment élevé pour empêcher l'apparition de la spongiosité. Par ailleurs, les feuilles ayant jauni en tas ou dans des boîtes, sans circulation d'air, sont relativement exemptes de spongiosité. Il semblerait donc que la spongiosité soit le produit de réactions chimiques avec l'oxygène. Il arrive parfois, qu'en raison de la faible quan-

tité d'oxygène disponible, les masses denses de feuilles séchées en vrac ne soient pas touchées par la spongiosité, même si le séchage est lent. Le brunissement dû à un jaunissement excessif met également plus de temps à apparaître dans de telles conditions.

Bien que les feuilles spongieuses aient le même aspect que celles qu'on classe dans la catégorie des feuilles grises, on les retrouve dans des circonstances différentes. On méprend souvent les feuilles spongieuses pour des feuilles grises à cause de leur ressemblance, alors que ces dernières résultent habituellement d'une maturité prématurée au champ causée par une faible teneur du sol en azote, un déséquilibre des éléments micronutritifs ou un emploi inapproprié d'Ethrel®.

Taches d'encre. Il s'agit de taches ou de plaques irrégulières, d'un brun très foncé, qui apparaissent à la fin du jaunissement ou au début de la fixation de la couleur. On les appelle souvent « taches d'humidité ». Les taches d'encre apparaissent pendant le jaunissement ou au début de la fixation de la couleur, lorsque l'humidité se condense sur les feuilles en raison d'une ventilation insuffisante ou inadéquate ou d'une densité de chargement trop élevée. Elles peuvent varier de quelques petites taches sur certaines feuilles à une dégradation complète de la couleur des feuilles entières, selon la quantité d'humidité libre et la durée d'exposition à cette humidité. Pour éviter l'apparition de taches d'encre, suivre les recommandations relatives au chargement des séchoirs et au séchage.

Roussissement. Les feuilles sèches rougissent ou roussissent en quelques heures si on les expose à des températures supérieures à 76,6 °C (170 °F). Elles roussissent également si elles sont exposées à une température finale supérieure à 71 °C (160 °F) pendant une période prolongée. Une telle exposition peut s'avérer nécessaire pour sécher complètement les côtes par temps froid et venteux dans un séchoir mal isolé ou en raison d'une mauvaise répartition de l'air causée par une configuration de séchoir ou un mode de chargement inadéquats. Également, les feuilles sont susceptibles de rougir si l'humidité relative est maintenue à un taux supérieur à la normale vers la fin de la fixation de la couleur et pendant le séchage final, particulièrement dans le cas de feuilles minces. Le rougissement étant à éviter, maintenir une température inférieure ou égale à 74 °C (165 °F), isoler les séchoirs, les charger uniformément, améliorer l'uniformité de la circulation d'air et maintenir sur l'hygromètre les températures recommandées pendant la fixation de la couleur et le séchage final.

Tachetures. Il s'agit de taches foncées analogues aux taches causées par la rouille du tabac. Elles apparaissent souvent sur les feuilles durant la phase de jaunissement. Tout comme les taches causées par la rouille du tabac, les tachetures sont plus abondantes sur les feuilles des étages inférieurs. Elles peuvent apparaître dans n'importe quelle partie du séchoir lorsque le taux d'humidité relative est élevé et avec la plupart des systèmes de séchage et des types de séchoirs. Leur ressemblance aux taches causées par la rouille du tabac indique que la pollution de l'air pourrait en être responsable, du moins en partie. Logiquement, les produits de combustion en seraient la cause et ces taches sont rares quand aucun produit de combustion ne vient en contact avec le tabac. Il existe un autre type de taches qui apparaissent pendant le jaunissement; celles-ci sont plus petites que celles susmentionnés, elles peuvent être noires ou vertes et elles peuvent apparaître sur les feuilles de n'importe quel étage foliaire. Ces petites taches semblent être constituées de tissus n'ayant pas atteint la maturité qui jaunissent difficilement à une faible température de jaunissement, puisqu'elles n'apparaissent pour ainsi dire jamais lorsque les feuilles sont jaunies dans la plage de température recommandée, soit 35–40,6 °C (95–105 °F). La couleur de ces taches dépend

de l'humidité relative durant le jaunissement; elles sont noires en présence d'une humidité relative élevée et verdâtres en présence d'une humidité relative faible. Des taches peuvent également apparaître sur les feuilles des étages supérieurs traitées à l'éthylène, particulièrement si l'humidité relative est maintenue à un taux élevé pendant et immédiatement après le traitement. Les conditions propices à l'apparition de taches sur les feuilles de l'étage supérieur peuvent également causer un brunissement généralisé sur de grandes zones dans le cas des feuilles plus minces des étages foliaires moyen et inférieur. Les tachetures sont réduites au minimum lorsque la plupart des feuilles sont jaunies à une température de 35 à 46 °C (95–105 °F), lorsque les feuilles sont mûres au moment de la cueillette et lorsque la différence recommandée à l'hygromètre est maintenue.

Coulure. Il s'agit d'une bande de tissu foncé qui apparaît de part et d'autre de la côte. À l'occasion, elle apparaît aussi le long des nervures latérales et secondaires. Les coulures apparaissent à la fin de la phase de fixation de la couleur ou au début du séchage final s'il se produit une baisse considérable de température pendant le séchage des côtes et des nervures alors que les tissus voisins du parenchyme sont secs. La sève de la côte est alors absorbée par les tissus secs du parenchymateux, ce qui provoque une coloration foncée. Ces conditions risquent de se produire lorsque le brûleur ne fonctionne pas, à cause d'une panne de courant ou de combustible ou d'un ennui mécanique.

Maladies survenant lors du séchage

Le chauffage à la pente, principale maladie survenant lors du séchage, est une pourriture molle causée par le champignon *Rhizopus arrhizus*. Il affecte surtout les parties relativement non exposées de la côte et du parenchyme des feuilles se trouvant dans les parties humides du séchoir, où le séchage est lent. Les principaux foyers d'infection (fig. 22) se trouvent sur les côtes et la partie adjacente du parenchyme, au point d'attache des guirlandes, des feuilles mises à la pente sur les lattes des travées inférieures des séchoirs à ventilation forcée de haut en bas, ainsi que sur les côtes et la partie adjacente du parenchyme des feuilles des travées supérieures des séchoirs pour séchage en vrac sur cadres ou la partie supérieure des séchoirs pour séchage

Fig. 22. Détérioration causée par le chauffage à la pente.

en vrac en contenants. Une humidité relative et une température élevées, environ 29-43 °C (84,2-109,4 °F), dans le séchoir pendant le jaunissement favorisent l'apparition de la maladie. Mais en général, la maladie apparaît et se répand lentement, même dans des conditions idéales. Sa progression est interrompue dès qu'on augmente la température et qu'on diminue l'humidité relative pendant la phase de fixation de la couleur, mais les spores peuvent rester viables, même aux hautes températures utilisées pour le séchage final. La maladie peut donc réapparaître pendant l'entreposage ou pendant la phase de jaunissement de séchages ultérieurs.

L'organisme responsable du chauffage à la pente est si abondant qu'on pourrait s'attendre à ce que toutes les exploitations soient touchées au même degré, mais ce n'est pas le cas. Il est donc possible que l'apparition de la maladie soit liée aux facteurs suivants : population de spores dans le sol, facteurs culturaux ou facteurs de croissance, contamination par des spores se trouvant déjà dans les séchoirs et sur le matériel, comme les cadres et les lattes, type de séchoir ou de système de séchage, charge du séchoir et méthodes de séchage. On sait qu'il est possible de réduire l'incidence du chauffage à la pente en assurant une bonne circulation pendant la phase du jaunissement, en empêchant la condensation de l'eau sur les feuilles et en évitant des taux d'humidité relative anormalement élevés. Même si, en règle générale, une courte durée de jaunissement permet de réduire l'incidence de la maladie, les feuilles mûres (courte durée de jaunissement) sont souvent plus susceptibles que les feuilles moins mûres (durée de jaunissement plus longue). La composition chimique des feuilles pourrait donc être un facteur. Il est possible que les tissus présentant une teneur élevée en sucres, comme les tissus des feuilles mûres, constituent un meilleur milieu de croissance que les tissus pauvres en sucres comme ceux des feuilles n'ayant pas encore atteint la maturité. Les facteurs à l'origine d'une mauvaise circulation ou d'une circulation non uniforme dans les séchoirs favorisent aussi le chauffage à la pente, car dans les parties du séchoir où l'air circule peu, le taux d'humidité relative peut être élevé et la condensation abondante. Parmi ces facteurs, on compte une charge considérable dans le séchoir, des feuilles très grandes, une charge non uniforme, l'établissement tardif de la circulation d'air, l'absence de fanage et une isolation insuffisante. La structure du séchoir et le système de séchage sont aussi des facteurs. Certains systèmes de séchage peuvent produire une circulation plus uniforme que d'autres ou la capacité du ventilateur peut être insuffisante pour donner une circulation assez uniforme pour sécher rapidement les feuilles durant la phase de fixation de la couleur. Dans certaines circonstances, la contamination des séchoirs et du matériel par les spores risque d'aggraver le chauffage à la pente. Il peut alors s'avérer utile d'arroser l'intérieur du séchoir et le matériel, particulièrement les lattes, avec une solution de formol à 5-10 %, bien avant la saison du séchage. On peut aussi plonger les lattes dans la solution. Porter des vêtements de protection ainsi qu'un masque pour éviter tout contact avec le liquide et l'inhalation des vapeurs. Pour assurer l'efficacité de la fumigation, laisser les séchoirs fermés pendant plusieurs jours après le traitement. Conserver aussi les lattes et le reste du matériel dans un espace clos pendant plusieurs jours. Bien aérer les séchoirs et le matériel traités et s'assurer qu'il sont secs avant de les utiliser. Pour des raisons de santé et pour s'assurer de la qualité du tabac, le formol et ses vapeurs ne doivent pas venir en contact avec le tabac. On ne doit donc pas utiliser ce produit pendant le séchage. Les vapeurs de formol peuvent gravement endommager les feuilles. Toutes les feuilles se trouvant dans un séchoir traité avec 4,54 L de formol à 37 % (fig. 23) ont subi des dommages. Or, le produit n'avait pas été appliqué aux feuilles et seules les vapeurs étaient responsables des dommages. En outre, certaines feuilles présentaient encore des signes de chauffage à la pente. Parmi les autres facteurs connus qui influent sur l'incidence du chauffage à la pente, signalons l'importance des dommages subis par les feuilles au champ et au moment de la cueillette. Les endroits où les feuilles sont en contact avec la ficelle servant à

Fig. 23. Lésions causées par des vapeurs de formol.

les enfiler sur les lattes ou encore les endroits où les pointes perforent les feuilles afin de les retenir sur les cadres ou dans les contenants constituent des foyers d'infection. L'infection peut même commencer au champ, aux endroits où les tissus sont déchirés ou endommagés lors de l'ébourgeonnement, particulièrement par temps pluvieux ou nuageux. Les facteurs culturaux et les facteurs de croissance peuvent aussi influer sur le nombre de feuilles touchées, soit en contribuant à infecter ou à endommager les tissus avant la cueillette, soit en modifiant la vitesse de propagation de cette maladie pendant le séchage. On ne sait pas si les différences de population de spores dans le sol des diverses exploitations constituent un facteur dans l'apparition du chauffage à la pente.

Par ailleurs, une pourriture molle bactérienne due à *Erwinia carotovora* se manifeste à l'occasion dans les séchoirs. La maladie peut se développer et se répandre plus rapidement que le chauffage à la pente, particulièrement dans un environnement où l'humidité relative est élevée, et provoquer une baisse importante de la qualité. La maladie commence au champ et se manifeste par une coloration brune sur une partie ou la totalité de la côte en dessous des feuilles. L'organisme infecte habituellement les tissus de la tige et peut se propager jusqu'aux côtes. Pour prévenir les problèmes lors du séchage, jeter les feuilles malades (fig. 24) trouvées au moment de la cueillette et du chargement et arracher les pieds de tabac atteints.

Fig. 24. Côte infectée par *Erwinia carotovora*.

RÉASSOUPLISSEMENT

Après le séchage, on procède à un reconditionnement du tabac pour réhumidifier les feuilles séchées. Il est essentiel d'effectuer cette opération, qu'on appelle réassouplissement, avant de sortir les feuilles du séchoir, car, autrement, les tissus se déchirent. Idéalement, on procède à un réassouplissement naturel en ouvrant les portes du séchoir pendant la nuit pour permettre aux feuilles d'absorber l'humidité de l'air. Le réassouplissement naturel convient dans le cas du séchage sur lattes, car l'espace entre les lattes et les feuilles est alors suffisant pour que l'air humide de l'extérieur circule dans le séchoir. Cette méthode est moins efficace dans les séchoirs à ventilation forcée de haut en bas que dans les séchoirs à convection, en raison des ouvertures supplémentaires que possèdent ces derniers (volets de faîte et de base et portes de pignon). Le réassouplissement naturel ne convient généralement pas dans le cas du séchage en vrac à cause de la densité élevée des feuilles. Il ne convient pas non plus dans le cas du séchage sur lattes lorsque l'air extérieur est frais ou sec. Occasionnellement, on peut réassouplir le tabac dans les séchoirs à ventilation forcée (à ventilation de haut en bas ou en vrac), en faisant fonctionner le ventilateur pour faire circuler de l'air humide et chaud dans le séchoir. Dans le cas du séchage en vrac, il faut faire appel, la plupart du temps, à des moyens artificiels de réassouplissement.

À la fin du séchage, les feuilles séchées renferment encore 5 % d'humidité environ. Lors du réassouplissement, les feuilles doivent reprendre suffisamment d'humidité pour ne pas se déchirer lors de la manutention. Toutefois, la quantité d'humidité réabsorbée ne doit pas être élevée au point qu'elle pose des problèmes pendant l'entreposage. Le taux d'humidité optimal varie de 16 à 19 %. Toutefois, si les balles ou les tas sont entreposées dans des conditions d'humidité relative élevée, il peut y avoir accroissement du taux d'humidité initial et les feuilles risquent de se détériorer. Le risque de détérioration augmente généralement avec la durée d'entreposage, surtout par temps chaud et humide ce qui favorise l'absorption d'humidité. Les bâches en plastique dont on recouvre les balles ou les tas aident à prévenir les changements d'humidité pendant l'entreposage. On peut aérer les balles entreposées dans les séchoirs pour séchage en vrac afin de réduire la quantité d'humidité alors absorbée. Les feuilles des étages foliaires inférieurs risquent une plus grande détérioration, parce qu'elles sont entreposées plus longtemps et qu'elles sont exposées à une température et à un taux d'humidité relative élevés pendant cette période. Cette détérioration est plus prononcée dans le cas de feuilles renfermant beaucoup d'humidité et même dans le cas de feuilles renfermant peu d'humidité mais dont les côtes en renferment beaucoup. En fait, on perd souvent les feuilles de basse qualité provenant des étages foliaires inférieurs, car la faible hygroscopicité (faible capacité d'absorption d'humidité) de leur parenchyme, qui contient une quantité substantielle de tissus morts, empêche l'humidité d'atteindre un état d'équilibre (obtention d'une teneur en humidité égale dans la côte et le parenchyme), ce qui peut se traduire par l'apparition de moisissure sur les côtes. Il est bon de se rappeler que l'hygroscopicité varie considérablement selon le grade du tabac. En effet, certains grades n'atteignent jamais une teneur en humidité de 16 à 19 %, même après un réassouplissement prolongé. Il s'agit invariablement de feuilles dont les côtes sont beaucoup plus hygroscopiques et qui continuent à absorber de l'humidité alors qu'on cherche à réassouplir le parenchyme. Bien que ce soit souhaitable, il n'est pas toujours possible d'obtenir une teneur en humidité de 16 à 19 % à la fois dans le parenchyme et dans la côte des feuilles de qualité inférieure. Normalement, les côtes mettent plus de temps que le parenchyme à atteindre une teneur en humidité de 16 à 19 %, à moins que le parenchyme ne contiennent beaucoup de tissus morts. Par ailleurs, le parenchyme perd sa souplesse plus facilement que la côte. En règle générale, les feuilles doivent être réassouplies jusqu'à ce que les côtes puissent se plier tout en présentant une légère rigidité. La détermination

de la teneur appropriée en humidité est une question d'expérience. Un parenchyme qui renferme une teneur appropriée est légèrement plus rugueux et plus résistant à la compression et à la flexion qu'un parenchyme trop assoupli.

Les techniques de réassouplissement artificiel sont très variées. D'habitude, on laisse le séchoir et son contenu refroidir jusqu'à la température ambiante, puis, on réintroduit dans l'air recirculé de l'humidité, sous forme de vapeur sous faible pression d'un jet constitué de grosses gouttelettes ou d'un fin brouillard d'eau sous haute pression. On peut aussi commencer le réassouplissement immédiatement après avoir cessé le chauffage. Cette dernière méthode convient dans le cas où l'on utilise de l'eau et offre l'avantage d'accélérer le refroidissement. L'utilisation de vapeur dans ce cas risque d'être moins efficace, car la chaleur qu'elle contient peut maintenir la température à un niveau trop élevé pour que le réassouplissement soit efficace. La vapeur sous faible pression convient mieux lorsque le séchoir est déjà refroidi, mais une quantité excessive peut aussi provoquer une augmentation de température trop importante pour que le réassouplissement soit efficace. L'introduction intermittente de vapeur dans un séchoir déjà refroidi, avec régulation par hygrostat ou par mesure électronique de la teneur en humidité des feuilles, constitue une méthode efficace de réassouplissement artificiel. On obtient également de bons résultats en introduisant un fin brouillard dans le séchoir pendant ou après la phase de refroidissement jusqu'à la température ambiante. Dans ce dernier cas, il est avantageux de chauffer un peu. Les jets d'eau sous faible pression sont moins efficaces, tant du point de vue de la durée de réassouplissement que de la teneur en humidité obtenue.

Pour obtenir une teneur en humidité satisfaisante dans le parenchyme et dans la côte, il est préférable d'effectuer le réassouplissement artificiel sur une période d'au moins 18 heures. Le réassouplissement des côtes peut se révéler inadéquat s'il est trop court, même en présence d'un taux d'humidité relative élevé. Néanmoins, il est parfois nécessaire d'en réduire la durée à 7 heures seulement lorsque le séchoir doit être utilisé pour sécher un autre chargement. Lorsque le réassouplissement est de courte durée, maintenir l'humidité relative à un taux plus élevé que celui utilisé sur une durée de 18 heures ou plus. Voici les conditions appropriées pour une durée de réassouplissement de 7 heures :

- 23,9 °C (75 °F) au thermomètre sec et 22,9 °C (73 °F) au thermomètre humide, ce qui donne un taux d'humidité relative de 90 %.
- 29,4 °C (85 °F) au thermomètre sec et 27,4 °C (81 °F) au thermomètre humide, ce qui donne un taux d'humidité relative de 85 %.
- 35,0 °C (95 °F) au thermomètre sec et 32 °C (90 °F) au thermomètre humide, ce qui donne un taux d'humidité relative de 82 %.
- 40,5 °C (105 °F) au thermomètre sec et 37,5 °C (99 °F) au thermomètre humide, ce qui donne un taux d'humidité relative de 80 %.

Les conditions susmentionnées peuvent être modifiées pour donner un taux d'humidité relative légèrement plus élevé dans le cas d'un tabac faiblement hygroscopique ou de qualité inférieure, ou pour donner un taux d'humidité relative légèrement plus faible dans le cas d'un tabac très hygroscopique et de haute qualité. L'hygroscopicité du tabac varie quelque peu selon la saison et le grade. On risque de réassouplir excessivement le tabac en l'exposant aux conditions susmentionnées pendant plus de 7 heures.

Il est plus sûr d'exposer le tabac à un taux d'humidité relative plus faible pendant une période plus longue pour obtenir une teneur d'équilibre, c'est-à-dire la teneur maximale en humidité qui sera atteinte indépendamment de la durée de réassouplissement. Cette teneur maximale dépend surtout de la température et du taux d'humi-

dité relative de l'environment. Voici à cette fin les conditions appropriées de réassouplissement :

- 29,4 °C (85 °F) au thermomètre sec et 26,7 °C (80,5 °F) au thermomètre humide, ce qui donne un taux d'humidité relative de 82 %.
- 35,0 °C (95 °F) au thermomètre sec et 31,5 °C (89 °F) au thermomètre humide, ce qui donne un taux d'humidité relative de 80 %.

Il peut être nécessaire également de modifier légèrement ces conditions pour compenser les différences de qualité ou d'hygroscopicité d'un chargement à l'autre ou d'une année à l'autre.

FACTEURS DE CONVERSION VERS LE SYSTÈME MÉTRIQUE

Unités impériales	Facteur de conversion	Résultat en:	
MESURES DE LONGUEUR			
pouce	x 25	**millimètre**	**(mm)**
pied	x 30	**centimètre**	**(cm)**
verge	x 0,9	**mètre**	**(m)**
mille	x 1,6	**kilomètre**	**(km)**
MESURES DE SURFACE			
pouce carré	x 6,5	**centimètre carré**	**(cm^2)**
pied carré	x 0,09	**mètre carré**	**(m^2)**
acre	x 0,40	**hectare**	**(ha)**
MESURES DE VOLUME			
pouce cube	x 16	**centimètre cube**	**(cm^3)**
pied cube	x 28	**décimètre cube**	**(dm^3)**
verge cube	x 0,8	**mètre cube**	**(m^3)**
once liquide	x 28	**millilitre**	**(mL)**
chopine	x 0,57	**litre**	**(L)**
pinte	x 1,1	**litre**	**(L)**
gallon	x 4,5	**litre**	**(L)**
MESURES DE POIDS			
once	x 28	**gramme**	**(g)**
livre	x 0,45	**kilogramme**	**(kg)**
tonne courte (2000lb)	x 0,9	**tonne**	**(t)**
MESURE DE TEMPÉRATURE			
degrés Fahrenheit	(°F-32) x 0,56 ou (°F-32) x 5/9	**degrés Celsius**	**(°C)**
MESURE DE PRESSION			
livre au pouce carré	x 6,9	**kilopascal**	**(kPa)**
MESURE DE PUISSANCE			
horsepower*	x 746	**watt**	**(W)**
	x 0,75	**kilowatt**	**(kW)**
MESURES DE VITESSE			
pied à la seconde	x 0,30	**mètre à la seconde**	**(m/s)**
mille à l'heure	x 1,6	**kilomètre à l'heure**	**(km/h)**
MESURES AGRAIRES			
gallon à l'acre	x 11,23	**litre à l'hectare**	**(L/ha)**
pinte à l'acre	x 2,8	**litre à l'hectare**	**(L/ha)**
chopine à l'acre	x 1,4	**litre à l'hectare**	**(L/ha)**
once liquide à l'acre	x 70	**millilitre à l'hectare**	**(mL/ha)**
tonne à l'acre	x 2,24	**tonne à l'hectare**	**(t/ha)**
livre à l'acre	x 1,12	**kilogramme à l'hectare**	**(kg/ha)**
once à l'acre	x 70	**gramme à l'hectare**	**(g/ha)**
plants à l'acre	x 2,47	**plants à l'hectare**	**(plants/ha)**

*Le horsepower est une unité différente du cheval-vapeur.
Le signe décimal est une virgule.